

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1911-1912. — N° 72

DERNIÈRES ACQUISITIONS
DANS LE
DOMAINE DES ACTIONS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES
DE L'ULTRA-VIOLET

STÉRILISATION DES EAUX POTABLES

REVUE GÉNÉRALE. — RECHERCHES PERSONNELLES

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Et soutenue publiquement le 8 Janvier 1912
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Gaston COLIN

Né le 10 Octobre 1887, à Nancy (Meurthe-et-Moselle),

Élève à l'École du Service de Santé Militaire.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
Janvier 1912



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DU MÊME AUTEUR

Action des rayons émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur la colorabilité des bacilles acido-résistants (en collaboration avec M. A. Rochaix), *C. R. de l'Académie des Sciences*, 11 décembre 1911.

Coloration du bacille tuberculeux et granulations de Much. Non-spécificité de ces granulations (en collaboration avec M. A. Rochaix), *C. R. de l'Académie des Sciences*, 11 décembre 1911.

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1911-1912. — N° 72

DERNIÈRES ACQUISITIONS
DANS LE
DOMAINE DES ACTIONS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES
DE L'ULTRA-VIOLET

STÉRILISATION DES EAUX POTABLES

REVUE GÉNÉRALE. — RECHERCHES PERSONNELLES

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 8 Janvier 1912

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Gaston COLIN

Né le 10 Octobre 1887, à Nancy (Meurthe-et-Moselle),

Élève à l'École du Service de Santé Militaire.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
Janvier 1912

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. HUGOUNENQ DOYEN.
J. COURMONT ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. CHAUEAU, AUGAGNEUR, MONOYER, SOULIER, TRIPIER, CAZENEUVE, LÉPINE
PIERRET

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. TEISSIER
	ROQUE
	BARD
	PONCET
Cliniques chirurgicales	JABOULAY
	FABRE
Clinique obstétricale et Accouchements	ROLLET
Clinique ophtalmologique	NICOLAS
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	X ..
Clinique des maladies mentales	WEILL
Clinique des maladies des enfants	POLLOSSON (A.)
Clinique des maladies des femmes	CLUZET
Physique médicale	HUGOUNENQ
Chimie médicale et pharmaceutique	MOREL
Chimie organique et Toxicologie	BEAUVISAGE
Matière médicale et Botanique	GUART
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	TESTUT
Anatomie	RENAUT
Anatomie générale et Histologie	MORAT
Physiologie	COLLET
Pathologie interne	X...
Pathologie et Thérapeutique générales	PAVIOT
Anatomie pathologique	POLLOSSON (M.)
Médecine opératoire	COURMONT (P.)
Médecine expérimentale et comparée	LACASSAGNE
Médecine légale	COURMONT (J.)
Hygiène	PIC
Thérapeutique	FLORENCE
Pharmacologie	

PROFESSEURS ADJOINTS

Physiologie, cours complémentaire	MM. DOYON
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS,
Pathologie externe	VALLAS,
Maladies des voies urinaires	ROCHET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Chimie minérale	MM. BARRAL, agrégé
Propédeutique chirurgicale	BÉRARD, —
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN, —
Chirurgie infantile	NOVE-JOSSERAND, ag.
Accouchements	COMMANDEUR —
Matière médicale	MOREAU —
Embryologie	REGAUD, —
Anatomie topographique	PATEL —
Botanique	BRETIN —
Chirurgie expérimentale	VILLARD —
Clinique infantile	MOURIQUAND —

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
SAMBUC	J. LEPINE	NOGIER	TAVERNIER
REGAUD	LESIEUR	LATARGET.	CADE
COMMANDEUR	Etienne MARTIN	BRETIN	MOURIQUAND
GAYET	LAROYENNE	LERICHE	ARLOING (F.)
NEVEU-LEMAIRE	VORON	THÉVENOT	GUILLEMARD
PATEL			

M. BAYLE, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. COURMONT (J.), Président ; MOREL, Assesseur ;
MM. LESIEUR et NOGIER, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MA SŒUR

A MONSIEUR LE PROFESSEUR JULES COURMONT

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Lyon,
Membre correspondant de l'Académie de Médecine,
Médecin des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'Honneur.

Pendant deux ans, il nous a accueilli dans son laboratoire avec la plus grande bienveillance ; à son cours magistral nous avons appris à aimer l'hygiène. Il nous a inspiré cette thèse qu'il nous fait le très grand honneur de présider ; qu'il veuille bien accepter l'hommage de notre sincère reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ TH. NOGIER

Avec bienveillance, il a mis à notre disposition toute sa compétence en la matière. Il ne nous a jamais épargné son temps, et a réservé à nos nombreuses demandes l'accueil le plus sympathique. Nous sommes heureux de lui témoigner avec nos plus vifs remerciements, notre reconnaissance la plus profonde.

A MONSIEUR LE DOCTEUR A. ROCHAIX

Chef des Travaux du Laboratoire d'Hygiène,

Il a bien voulu s'intéresser à notre travail, nous aider de ses conseils et diriger nos expériences. Nous lui en sommes très reconnaissant : qu'il veuille bien agréer tous nos remerciements.

A MONSIEUR LE DOCTEUR JOB

Médecin-Major de 1^{re} Classe,
Répétiteur à l'École de Santé.

Faible témoignage de grande reconnaissance.

A MES MAÎTRES

des Facultés de Nancy et de Lyon

AVANT-PROPOS

Au début de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements à tous ceux qui ont contribué à notre instruction en nous aidant de leurs conseils et de leur expérience au cours de nos études médicales.

INTRODUCTION

Dans une publication retentissante [28], à l'Académie des Sciences, le 22 février 1909, M. le professeur Jules Courmont et M. le professeur agrégé Th. Nogier indiquaient, *les premiers*, les remarquables résultats qu'on pouvait obtenir, par l'emploi de la lampe en quartz à vapeurs de mercure, pour la *stérilisation des eaux potables*.

Cette note a été le point de départ d'une quantité énorme de travaux sur les propriétés des rayons ultraviolets, non seulement pour la stérilisation, mais au point de vue biologique général.

Le Dr Augustin Fouilly [42], dans sa thèse soutenue à la Faculté de Médecine de Lyon, en décembre 1910, a déjà fait un exposé très complet de tous les résultats obtenus jusqu'à cette époque.

Notre travail continue le sien.

Il a pour but de mettre au point tout ce qui a été démontré depuis cette date; mais, en outre, nous apporterons la contribution de nos recherches personnelles.

Ce travail sera donc divisé en deux parties :

La première est une revue générale des recherches

faites dans le domaine de l'action des rayons ultra-violets, depuis août 1910 jusqu'à décembre 1911.

Nous y réunirons ce qui a été dit sur ces rayons, aux points de vue de leurs actions chimiques, de leurs actions biologiques et leur utilisation à la stérilisation des eaux potables.

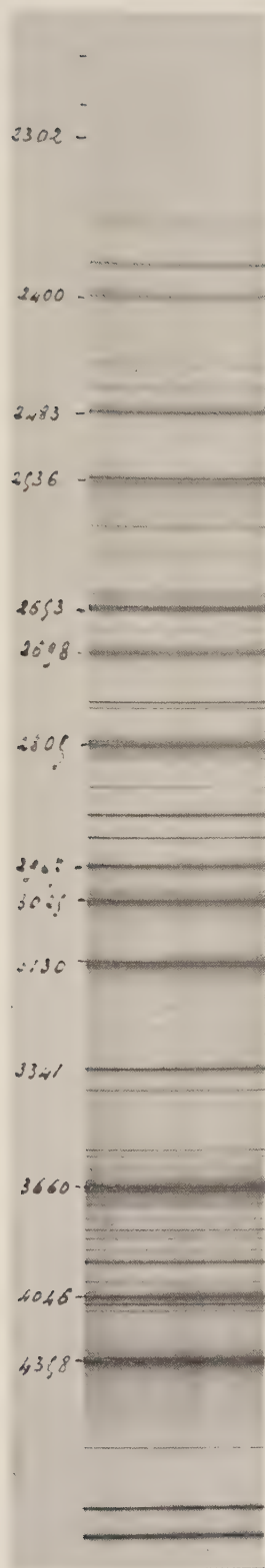
Dans la seconde partie, nous exposerons les résultats de nos recherches personnelles :

1° Recherches sur la stérilisation de l'eau par les lampes en quartz à vapeurs de mercure, et recherches sur la durée de ces lampes;

2° Recherches sur l'action biologique des rayons ultra-violets :

a) Sur la colorabilité du bacille tuberculeux et de quelques autres acido-résistants;

b) Sur la spécificité des granulations de Much.



Spectre ultra-violet invisible.

Spectre visible.

SPECTRE DE L'ARC AU MERCURE (LAMPE EN QUARTZ)

La figure représente six spectres superposés obtenus avec un spectographe de Féry à prisme et à lentille de quartz.
(Les longueurs d'ondes inscrites au-dessus du spectre sont exprimées en unités d'Angström.)

PREMIÈRE PARTIE

Dernières recherches sur l'action des rayons ultra-violets et leur utilisation à la stérilisation des eaux potables (août 1910 à décembre 1911).

CHAPITRE PREMIER

ACTIONS DES RAYONS ULTRA-VIOLETS SUR LES CORPS CHIMIQUES

Les rayons ultra-violets ont été découverts, grâce à leur action chimique.

Leur efficacité spéciale fut reconnue dans des réactions chimiques variées : combinaison du chlore avec l'hydrogène ; transformation allotropique du soufre octaédrique dissous dans le sulfure de carbone, en soufre insoluble.

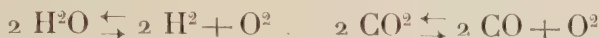
De toutes les sources employées, c'est la lampe en quartz à vapeurs de mercure qui est la plus commode, se recommandant spécialement par son intensité et sa régularité.

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon [7], expérimentant avec des lampes à mercure, sur des corps différents, enfermés dans des tubes en quartz de 0 mm. 6 d'épaisseur, ont montré que les rayons ultra-violets produisent, à la température ordinaire, une multitude de combustions totales, que la chaleur ne réalise qu'à la température du rouge.

Ces auteurs ont constaté la réversibilité des actions photochimiques :

Si ces rayons déterminent la combinaison de l'hydro-

gène et de l'oxygène, la décomposition de l'anhydride carbonique en oxyde de carbone et oxygène, etc., de même ils produisent des réactions inverses.



et la suite de ces réactions représente celle même que paraissent réaliser les plantes vertes dans le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne à la lumière solaire.

Les rayons ultra-violetts possèdent donc une propriété décomposante. Cette décomposition par la lumière se nomme *photolyse*. Au contraire de l'*électrolyse* qui ne s'exerce que sur certaines catégories de corps la photolyse décompose la plupart des corps organiques isolants : alcools, cétones, sucres, etc., et, de plus, « *la décomposition photolytique d'un corps donne les mêmes produits, quel que soit son état physique : solide, liquide, gazeux ou dissous* » [7].

La décomposition photolytique des corps organiques solides se produit avec dégagement gazeux ; et cela montre l'analogie qu'il y a entre l'action des rayons ultra-violetts et celle des ferments.

Une autre face de l'activité chimique des rayons ultra-violetts est la photosynthèse ; et, nous verrons plus loin qu'ils jouissent également d'un grand pouvoir de polymérisation.

Enfin, les rayons ultra-violetts possèdent une faculté d'oxydation à un degré extrême.

L'hydrogène est brûlé totalement par l'oxygène avec formation de vapeur d'eau ; le gaz ammoniacque est brûlé avec formation d'azote et d'eau, etc., et nous

verrons qu'une application remarquable de ces facultés oxydantes est celle qui a trait à la nitrification des composés ammoniacaux ou azotés.

§ 1 — ACTIONS SUR LES CORPS DE LA CHIMIE MINÉRALE

1° ACTION SUR L'EAU

L'action chimique des rayons ultra-violet sur l'eau a donné lieu depuis ces dernières années à de nombreuses discussions.

Les radiations de courte longueur d'onde peroxydent-elles l'eau ? Il semble, au premier abord, qu'il y ait des contradictions dans les résultats des expérimentateurs.

Les uns, parmi lesquels MM. Jules Courmont, Th. Nogier et A. Rochaix (35) ont démontré qu'il n'y a pas peroxydation.

D'autres, avec Miroslaw Kernbaum [55], von Aubel et Lombard [58] ont prouvé cette peroxydation.

Mais ces auteurs ne se sont pas placés dans les mêmes conditions d'expérience.

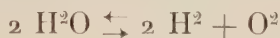
MM. Jules Courmont, Th. Nogier et A. Rochaix voulaient démontrer que les rayons ultra-violet avaient une action directe sur les microbes, un pouvoir *abiotique* et que la stérilisation ne se produisait pas par l'action de l'eau oxygénée.

L'irradiation faite par ces auteurs n'a pas dépassé dix minutes, temps supérieur, comme chacun sait, à celui nécessaire pour stériliser l'eau, de plus, les lampes utilisées étaient immergées dans l'eau.

Quant à MM. Kernbaum, von Aubel et Lombard, ils

ont décelé l'eau oxygénée dans l'eau irradiée, mais après une exposition variant de dix heures à quatorze heures. Leurs lampes n'étaient pas immergées.

M. D. Berthelot a repris cette question et, dans une publication récente, a montré que si les rayons ultra-violetts déterminent la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène, ils décomposent aussi la vapeur d'eau.



Cette question a été reprise par A. Tian ; cet auteur a constaté que, dès que l'eau est exposée aux radiations ultra-violettes, il se produit un dégagement gazeux d'hydrogène et d'oxygène, dont le débit va en diminuant ; de 25 millimètres cubes à l'heure, il s'abaisse peu à peu à 3 millimètres cubes. En même temps, la composition du gaz change et cela s'explique, parce que dès les premiers instants l'eau se peroxyde et l'hydrogène est mis en liberté.

La production d'oxygène a lieu ensuite quand, dans le liquide, se trouve de l'eau oxygénée qui se décompose en partie.

Le débit d'oxygène va en croissant, puis devient constant quand la teneur en eau oxygénée est constante.

« Le débit d'oxygène, dit cet auteur, décroît beaucoup avec la durée d'exposition. Cette diminution permet de penser, qu'en présence de la lumière ultra-violette, il s'effectue une au moins des deux réactions suivantes : 1° action inverse de l'hydrogène dissout sur l'eau oxygénée ; 2° combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène [87] ».

L'auteur en a tiré comme conclusions que : les radiations émises par une lampe en quartz à vapeurs de mercure décomposent l'eau en hydrogène et eau oxygénée qui, en se décomposant à son tour, donne de l'oxygène.

M. A. Tian a cherché également quelles étaient les radiations qui décomposaient l'eau, avec formation d'hydrogène et d'eau oxygénée ; il a trouvé qu'elles étaient localisées dans l'extrême spectre ultra-violet, au delà de 1,900 Å.

Cette décomposition serait due aux radiations 1846-1848-1851 [88].

2° ACTION SUR LES COMPOSÉS DE L'AZOTE

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon ont montré dans des publications datant de quelques mois que les facultés oxydantes des rayons ultra-violets leur permettent de réaliser la nitrification à la température ordinaire ; mais jusqu'au stade nitreux seulement.

Ces auteurs ont recommencé leurs expériences et ont employé des corps rigoureusement purs et exempts de composés nitrés.

La durée d'exposition était de trois à neuf heures, à des distances de 3 à 6 centimètres de la lampe (110 volts) ; la température de la solution ne dépassait pas 35 à 50 degrés.

a) Action sur l'ammoniaque.

1° EN PRÉSENCE DE L'OXYGÈNE PUR

50 centimètres cubes, d'une solution aqueuse à

4 pour 100 d'ammoniaque, sont mis en présence de 15 centimètres cubes d'oxygène.

Après exposition, on constate que cette solution décolore KMnO_4 en solution acide, colore le réactif de Griess, etc...

Il y a donc des nitrites.

On recherche alors les nitrates : le résultat est négatif.

Donc l'oxydation s'est arrêtée au stade nitreux.

2° EN PRÉSENCE DE L'OXYGÈNE DE L'AIR

On a constaté de même formation de nitrites, mais on n'a pu déceler de nitrates.

b) Action sur quelques sels ammoniacaux.

Les sels employés le sont en solution aqueuse ; ce sont : un acide faible, le bicarbonate d'ammoniaque, et deux acides forts, le sulfate et le chlorhydrate d'ammoniaque.

Avec le réactif de Griess, on a constaté la présence de nitrites.

c) Action sur les nitrates d'ammoniaque et de potasse.

AzO^3H AzH^4 exposé aux rayons en solution forme du nitrite AzO^2 AzH^4 , et, en même temps, il se dégage de l'oxygène mêlé d'azote.

Une solution de nitrate de potasse se transforme en nitrite avec dégagement d'oxygène. C'est donc bien le groupement $\text{Az}^2 \text{O}^5$ qui se désoxyde.

Cette réaction a lieu également quand ces sels sont irradiés en vase clos, *en présence d'oxygène*.

Donc, sous l'influence de la lumière ultra-violette les composés nitriques sont rétrogradés au stade nitreux.

d) Action sur le nitrite d'ammoniaque.

Ici, il y a dénitrification ; comme sous l'action de la chaleur, ce sel, en solution concentrée, est décomposé par les rayons ultra-violets avec dégagement abondant de gaz azote pur.

Ces faits montrent, comme le disent MM. Berthelot et Gaudechon, que les rayons ultra-violets produisent des actions analogues à celles des ferments ou des êtres vivants ; comme eux, ils peuvent donner, selon les cas, soit gain, soit perte d'azote combiné. Nous verrons plus loin, à propos de l'urée, les mêmes phénomènes se produire ; et ces auteurs pensent, qu'au point de vue pratique, ce procédé paraît susceptible de concurrencer, dans l'avenir, les procédés industriels, employés aujourd'hui, d'oxydation de l'azote à haute température [10].

3° ACTION SUR LES SOLUTIONS AQUEUSES DES SELS MINÉRAUX

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon ont étudié l'action des rayons ultra-violets sur les solutions aqueuses des sels minéraux pour préciser certains points de comparaison entre l'électrolyse et la photolyse.

En employant des solutions de chlorure d'or, azotates d'argent ou d'uranium, sulfate de cuivre, ils ont trouvé

que ces solutions restent limpides, qu'il n'y a pas formation de précipité métallique.

Les sulfates de nickel et de cobalt donnent de légers précipités couleur rouille, précipités dus à des traces de fer.

Le sulfate ferreux précipite immédiatement en donnant des flocons couleur rouille; si la solution est acidulée, le précipité n'a pas lieu.

Le sulfate ferrique ne précipite pas par les rayons ultra-violets *s'il n'est pas en présence de sulfate de nickel ou de cobalt*; dans ce cas, il précipite et, comme le sulfate ferreux, donne la réaction de l'acide sulfurique et du fer [9].

4° ACTION SUR LE PHOSPHORE ET LE SOUFRE

MM. Guntz et Minguin [46] ont fait agir les rayons de la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur :

- 1° Du phosphore blanc ;
- 2° Du soufre cristallisé bien transparent.

Ces auteurs ont constaté que le phosphore blanc, placé dans l'eau à 8 centimètres de la lampe, rougit rapidement, et que le soufre cristallisé placé à 15 centimètres de la lampe devient rapidement opaque et se réduit en poussière sous une faible pression.

Si l'on place le soufre à 6 centimètres de la lampe, il fond, subit une variation de teinte très marquée et devient partiellement insoluble dans le sulfure de carbone.

On voit donc que les rayons ultra-violets produisent sur ces corps et, en particulier, sur le soufre, des change-

ments d'état dépendant de la distance séparant le corps étudié de la lampe et dépendant de l'état de ce corps.

§ 2. — ACTIONS SUR LES COMPOSÉS DE LA CHIMIE ORGANIQUE

1° ACTION DE POLYMÉRISATION

Nous avons précédemment cité, en parlant des effets chimiques des rayons ultra-violets, l'action de polymérisation de ces rayons.

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon avaient déjà étudié les effets de ce pouvoir sur l'acétylène seul, l'acétylène et l'hydrogène, l'acétylène et l'azote et sur l'éthylène.

M. D. Berthelot a récemment repris cette question [7] et, d'après les travaux de cet auteur, on constate que les facultés polymérisantes des rayons se manifestent sur les carbures organiques non saturés, contenant des liaisons doubles (étyléniques) ou triples (acétyléniques).

Par les rayons ultra-violets, on a pu, pour la première fois, polymériser l'*étylène* qui, sous leur action, devient un liquide cireux, bouillant au-dessus de 100 degrés.

L'*acétylène* se précipite, après quelques secondes, sous forme d'un solide jaune fauve.

Le *méthane* n'est pas modifié par l'ultra-violet.

Si ce corps est en présence d'oxygène, sous l'action des rayons ultra-violets il perd l'hydrogène et forme des homologues très condensés du groupe des paraffines.

En même temps, il se produit de l'eau et un peu d'anhydride carbonique.

2° ACTION SUR LES ACIDES BIBASIQUES

a) Série normale; corps à l'état solide.

Sous l'influence des radiations ultra-violettes, l'acide bibasique se dédouble en anhydride carbonique et acide monobasique.

L'acide oxalique COOH-COOH se dédouble en CO^2
< H.COOH (acide formique).

L'acide malonique $\text{CO}^2\text{H} - \text{CH}^2 - \text{CO}^2\text{H}$ se transforme en acide acétique $\text{CH}^3 - \text{CO}^2\text{H}$.

Mais pour ce corps la chaleur produit le même effet à 100 degrés. Aussi, dans la technique employée, on a eu soin de tenir les tubes à une température inférieure à 40 degrés [8].

L'acide succinique se transforme en acide propionique.

L'acide pyrotartrique en acide butyrique.

Si l'on prolonge l'action des radiations de courte longueur d'onde, les acides monobasiques formés subissent aussi une photolyse partielle, mais les produits secondaires sont en faible proportion par rapport aux produits primaires; pourtant, quand ces acides (oxalique, malonique, succinique) sont à l'état dissous, les produits secondaires prennent naissance et en plus grande quantité.

Si l'on fait des solutions aqueuses, on obtient les mêmes produits; ce qui confirme la loi énoncée par

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon: « *Quel que soit l'état physique d'un corps (gazeux, solide, liquide ou dissous), son mode de décomposition, par les rayons ultra-violets, est le même* » [8].

b) Série éthylénique.

La photolyse des acides maléique et fumarique solides donne, pour l'un et l'autre, un mélange contenant 9/10 d'oxyde carbonique et 1/10 d'oxyde de carbone.

3° ACTION SUR LES ACIDES CÉTONIQUES

La lumière ultra-violette décompose l'*acide pyruvique* $\text{CH}^3 - \text{CO} - \text{CO}^2\text{H}$ de la même manière que la chaleur, mais plus lentement : le seul gaz dégagé est CO^2 .

L'*acide lévulique* $\text{CH}^3 - \text{CO} - \text{CH}^2 - \text{CH}^2 - \text{CO}^2\text{H}$ est également décomposé. Le gaz dégagé contient 30^{vol} de carbures gazeux et 37^{vol} de CO , gaz caractéristiques des cétones; et 30^{vol} de CO^2 , gaz caractéristique des acides [8].

4° ACTION SUR LES ACIDES ALCOOLS

Acide lactique.

Cet acide, d'après les études de MM. Berthelot et Gaudechon, dégage :

65^{vol} de CO^2 + 9^v de CO + 18^v de H^2 + 8^{vol} de CH^4 .

Cette proportion de CO^2 est supérieure à celle des acides monobasiques à fonction simple, et ces faits montrent « que les acides linéaires complexes, où la fonction acide est jointe à une fonction oxygénée, ont

une tendance à être décomposés par la lumière; avec dégagement d'anhydride carbonique » [8].

M. Marc Landau [56], en employant une lampe en quartz à vapeurs de mercure de 110^v, consommant 3^A5 et donnant un arc de 8 centimètres de long, a étudié le dégagement gazeux que produisent les rayons ultra-violets sur cet acide.

La durée d'exposition variait entre dix heures et deux cents heures ; la distance de la lampe à la substance entre 2 centimètres et 8 centimètres ; la température ne dépassait jamais 30 à 50 degrés.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° 15 grammes d'acide lactique pur, exposé sous le mercure à 2 centimètres de la lampe durant seize heures et ensuite durant dix-neuf heures, ont dégagé 22 centimètres cubes de gaz (ramené à 0°). L'acide carbonique en forme 88 pour 100, l'oxyde de carbone 7 pour 100.

2° 11 centimètres cubes de la solution aqueuse de l'acide lactique à 50 pour 100 ont donné, après action de cinquante heures, à une distance de 3 centimètres, 24 centimètres cubes de gaz dont 90 pour 100 d'acide carbonique.

3° 11 centimètres cubes de la solution aqueuse de l'acide lactique à 50 pour 100, en présence de 17 milligrammes de nitrate d'urane, ont dégagé, après action de quarante heures, à une distance de la lampe de 3 centimètres, 24 centimètres cubes de gaz, dont 90 pour 100 d'acide carbonique.

Jamais il ne s'est formé d'oxygène.

En plus de ce dégagement gazeux, l'acide lactique

subit encore d'autres transformations : formation d'alcool éthylique, traces d'acide prussique, et un corps de nature indéterminée, colorant en rouge violacé la solution de fuschine décolorée par le bisulfite de soude et H^2SO^4 , et réduisant à froid le réactif de Tollens.

5° ACTION SUR LA GLYCÉRINE

Les auteurs qui ont étudié l'action des rayons ultraviolets sur la glycérine [13] ont fait agir sur ce corps les rayons émis par 2 lampes à vapeur de mercure disposées parallèlement.

Les liquides d'expérience étaient placés dans des tubes de quartz de 200 centimètres cubes de capacité ; ces liquides étaient agités par un moteur, à des vitesses variées.

La durée d'exposition a varié d'une heure à cent soixante heures, pour des liqueurs de concentration en glycérine, allant de la glycérine pure à la glycérine à 1 pour 100 ; la température était réglée par un plus ou moins grand écartement des lampes. Certaines expériences furent faites en milieu neutre, d'autres en milieu légèrement alcalin.

1° ACTION SUR LA GLYCÉRINE NEUTRE A 25 DEGRÉS EN PRÉSENCE D'AIR

Les sirops que l'on obtient sont incolores, réduisent la liqueur de Fehling à la température ordinaire, ont une réaction acide au tournesol.

Avec l'acétate de phénylhydrazine, on a, à froid, une poudre jaune soluble dans la benzine bouillante

d'où elle cristallise en lamelles jaunes, fusibles à 142, 143 degrés.

MM. Bierry, V. Henri et Ranc l'identifient à la glycérosazone caractérisant le glycérose; ils n'ont pu en étudier la composition, mais affirment la présence d'aldéhyde glycérique.

A côté de cet aldéhyde, se forment d'autres composés hydraziniques non encore déterminés.

2° ACTION SUR LA GLYCÉRINE ALCALINE A 25 DEGRÉS
EN PRÉSENCE D'AIR

Après neutralisation et évaporation, les liquides irradiés sont traités par l'acétate de phénylhydrazine. Après diverses manipulations, on obtient des cristaux jaunes identiques à des cristaux de β -acrosazone.

Dans ce cas, au lieu de glycérose, on obtient du β -acrose.

6° ACTION SUR LES HYDRATES DE CARBONE

La question de l'action des radiations de courte longueur d'onde sur les hydrates de carbone a déjà été étudiée pendant ces dernières années [42], ce n'est donc pas un sujet nouveau, mais au contraire un des mieux connus.

Cette étude a été continuée et nous citerons ici les noms de MM. Bierry, Henri, Ranc, Guntz et Minguin pour ce qui concerne les sucres; de MM. Dianelopolu et Salacolu pour les glucosides, et de M. L. Massol pour les amylacées.

a) **Action sur les sucres.**

Les solutions de *saccharose* soumises à l'action des rayons ultra-violets, présentent de nombreux phénomènes : apparition du pouvoir réducteur, abaissement du pouvoir rotatoire, formation d'ozone et d'aldéhyde formique et dégagement gazeux [16].

Ce biose est donc fortement attaqué.

De plus, ce sucre est hydrolysé par les rayons ultra-violets. Dans les solutions irradiées, pendant longtemps, en présence de carbonate de calcium, il y a hydrolyse sans dégagement gazeux.

MM. Guntz et Minguin [46], en exposant un cristal de sucre candi, ont constaté qu'il s'échauffe sans fondre ($t = 65^{\circ}$), mais se ternit rapidement en jaunissant.

En opérant avec 7 grammes de sucre, ces auteurs ont trouvé, avec la liqueur de Fehling, 109 milligrammes de substance réductrice.

En opérant en dissolution, ils ont obtenu un dégagement gazeux ; de plus, il s'est formé du glucose et du lévulose.

Le *saccharose* est donc interverti, quand il est soumis à l'action ultra-violette ; il se dédouble en glucose et lévulose et la molécule des hexoses ainsi formés, attaquée, donne lieu à de nombreux dérivés : une ozone, de l'aldéhyde formique et de l'oxyde de carbone [15-16].

b) Action sur les glucosides.

1° SUR LA STROPHANTINE

Les strophantines étudiées sont celles de Bœhringer, de Gehe et de Merck [37].

Après une irradiation de 70 degrés, la toxicité de la strophantine Bœhringer diminue beaucoup; on peut en injecter jusqu'à 2 milligrammes sans tuer un lapin.

De même avec la strophantine cristallisée de Gehe.

Celle de Merck est moins atténuée que les deux autres.

La toxicité des strophantines est donc atténuée après une exposition de trente minutes à deux heures et demie.

2° SUR LA SAPONINE

La saponine exposée perd son action hémolytique après une irradiation de trois heures et demie; dans les produits qui ont pris naissance, Salacolu a constaté la présence d'un sucre réducteur [80].

c) Action sur les amylacées.

1° SUR L'AMIDON

M. L. Massol [61] a irradié des solutions de 2 pour 1.000 à 1 pour 100 d'amidon soluble, à 10 centimètres d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure consommant 300 w.

L'amidon perd peu à peu la propriété de bleuir l'iode; la solution réduit la liqueur de Fehling; elle est

moins précipitable par l'alcool; et la partie soluble dans l'alcool, douée de propriété réductrice, possède un pouvoir rotatoire droit.

Après avoir envisagé plusieurs hypothèses, M. Massol pense que le sucre réducteur, formé par les radiations ultra-violettes, est du maltose.

2° ACTION SUR L'INULINE

Le même auteur [59] a irradié des solutions d'inuline, variant de 1 pour 1.000 à 1 pour 100, pendant une durée variant de une heure à cinq heures; il a constaté que l'inuline, sous l'influence de l'ultra-violet, se saccharifie, en donnant du glucose et du lévulose, avec prépondérance notable de lévulose.

Pour terminer ce paragraphe relatif à l'action des rayons ultra-violets sur les composés de la chimie organique, il nous reste à dire que, si les corps à *structure linéaire* (série grasse) sont décomposés facilement, les corps à *structure cyclique* (série aromatique) sont, au contraire, très stables vis-à-vis de la lumière, comme ils le sont d'ailleurs vis-à-vis de la chaleur.

Cette stabilité des noyaux cycliques, qui contraste avec l'instabilité des chaînes droites ou ramifiées, se constate aussi dans les noyaux du pyrrol, le noyau pentagonal oxygéné du furfurol, etc...

Cette stabilité ne se retrouve pas non plus dans les composés d'addition hydrogénés dérivés des précédents; ainsi la pipéridine et les hydrures de naphthaline donnent un dégagement d'hydrogène pur [7].

§ 3. — ACTIONS SUR LES COMPOSÉS
DE LA CHIMIE BIOLOGIQUE

Cette étude est de date plus ancienne que celle des deux autres parties de la science de la chimie.

MM. Bordier, Nogier, Morel et d'autres auteurs ont reconnu quelle était l'action des rayons ultra-violet sur le sang [42], sur le sérum sanguin, sur la bile, l'indol, le scatol [43], le lait et les albumines.

Nous avons pu réunir un certain nombre de résultats intéressants dont nous allons parler.

a) **Action sur l'urée.**

Nous avons vu, précédemment, l'action de nitrification exercée par les rayons ultra-violet sur les corps de la chimie minérale.

MM. D. Berthelot et H. Gaudechon ont aussi étudié leur action sur *l'urée*, corps organique azoté.

Une solution aqueuse d'urée à 10 pour 100 est décomposée par la lumière ultra-violette avec formation d'ammoniaque; il se forme aussi des nitrites en présence d'air, ce qui montre bien que les rayons ultra-violet agissent comme les ferments; cette analogie se poursuit dans l'influence du milieu, une acidité, même légère, empêchant la nitrification par la lumière, comme par les ferments [10].

b) **Actions sur le sang.**

1° ACTION SUR L'HÉMOGLOBINE

En exposant aux rayons ultra-violet des solutions

d'hémoglobine globulaire ou musculaire, obtenues par laquage du sang et par macération aqueuse de muscle lavé, MM. Ch. Achard et E. Teuillé [2] ont constaté que l'hémoglobine se transforme rapidement en méthémoglobine.

Ce mécanisme de transformation n'est pas expliqué ; si on injecte cette méthémoglobine chez un animal, on retrouve de l'oxyhémoglobine dans les urines.

2° ACTION SUR LE SÉRUM

2. Destruction de la propriété « antisensibilisine ».

MM. Baroni et Jonesco-Mihaiesti ont voulu savoir si, par l'exposition du sérum frais aux rayons ultra-violets, on peut arriver à détruire *complètement* sa propriété *antisensibilisine*.

Après une série d'expériences, ces auteurs sont arrivés aux conclusions suivantes :

1° L'action des rayons ultra-violets sur le sérum frais de cheval se manifeste par la destruction de sa *toxicité* pour les animaux rendus sensibles, vis-à-vis de ce sérum même.

2° Cette propriété toxique (antisensibilisine d'après Besredka) est détruite entre deux heures et demie et trois heures ; et, en cela, elle est différente de la propriété *précipitogène* [6].

3. Action sur les propriétés précipitogène et sensibilisinogène.

Le liquide étudié est placé dans des tubes de quartz en rotation autour d'un axe horizontal à la distance de 10 à 11 centimètres de la source des rayons (lampe en quartz Herœus 110^v et 4^A).

En exposant ainsi une dilution au quart de sérum frais de cheval pendant quatre à cinq heures, on constate la disparition de la propriété précipitogène *in vitro*.

Si, au lieu de sérum frais, on prend du sérum déjà irradié pendant cinq heures, on constate qu'il n'est plus précipitable par un sérum « anti ».

Enfin, dans le même laps de temps, la propriété sensibilisinogène du sérum est considérablement amoindrie sans toutefois disparaître [6]

Le sérum antituberculeux perd de même son pouvoir précipitogène en quinze à trente minutes [54] : l'aspect de ce sérum, après irradiation, reste le même ; mais, si l'on prolonge l'action, il s'épaissit, devient opalin, visqueux.

En cinq heures, le sérum est gélatinisé.

Si on le mélange à 9 parties d'eau physiologique, pendant l'irradiation, de presque incolore, ce sérum devient jaune clair, puis jaune sale foncé. La chaleur n'intervient pas ; ce sérum se comporte comme s'il contenait un chromogène décomposable par les radiations ultra-violettes.

Nous verrons plus loin l'action des rayons ultra-violets sur un sérum anti-venimeux.

γ. Destruction des substances antitryptiques

Une solution de sérum humain à 2 pour 100 est exposée aux rayons ultra-violets à 14 centimètres de la source [93].

Au bout d'un certain temps, on retire ce sérum et

on le ramène à son volume primitif avec de l'eau distillée.

Après de nombreuses expériences, on a constaté [93] que l'action destructive des rayons ultra-violet, sur les substances antitryptiques du sérum humain, est en rapport direct avec le temps pendant lequel ce sérum a été exposé. En outre, plus l'index antitryptique est élevé, plus il faut de temps pour ramener à 0.

δ. *Action sur la réaction de Wassermann*

Si on expose séparément ou conjointement antigène et anticorps en présence ou non d'alexine, aux rayons d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure, et si l'on cherche les modifications subies en ces milieux par la méthode Bordet-Gengou, on arrive aux résultats suivants [21] :

« Les sérums riches en anticorps syphilitiques donnent une réaction de Wassermann aussi nette après qu'avant l'exposition.

« L'émulsion de foie syphilitique irradié perd le pouvoir de dévier le complément en présence de sérum syphilitique; mais cette perte est peu sensible, et la lecture de la réaction reste facile.

« Par contre, l'irradiation du mélange antigène + anticorps fait diminuer la valeur de la fixation de l'alexine, surtout si ce mélange est fait en présence de sérum de cobaye. Dans ce dernier cas, la réaction devient négative.

« Il semble, en outre, évident que les rayons ultra-violet impriment au mélange antigène + anticorps

syphilitique, mis en présence d'alexine, des modifications profondes, qui les rendent inaptes à répondre à la loi Bordet-Gengou [21]. »

c) **Action sur le suc musculaire.**

Sous l'action des radiations ultra-violettes, le suc musculaire est l'objet d'une précipitation d'albumine.

Après une durée d'exposition de trois heures, le suc perd une proportion notable d'albumine, mais assez peu de sa matière colorante; le précipité albumineux est presque blanc.

La quantité d'albumine précipitée, après une irradiation de quatre heures, est plus considérable que celle précipitée par un chauffage à 56 degrés [2].

d) **Action sur le lait.**

Le lait irradié prend une odeur désagréable. Les rayons agissant sur les globules gras du lait les acidifieraient; et les acides gras, ainsi produits, seraient à leur tour décomposés, donnant des acides à odeur désagréable: acide butyrique, valérique [42].

MM. Römer et Sames [79] ont démontré la présence de ces acides gras volatils et la formation de glycérine; nous verrons plus loin les conséquences de ces phénomènes au point de vue hygiénique.

M. J. Talarico [85] a montré que, pendant les trente premières minutes de l'exposition à la lumière ultra-violette, le lait conserve sa digestibilité naturelle vis-à-vis de la trypsine.

Puis cette digestibilité diminue; mais, au bout de

deux à trois heures d'irradiation, le lait reprend la propriété d'être digéré par le ferment tryptique.

Le lait pourrait donc être stérilisé sans altération de sa digestibilité.

e) **Action sur les diastases.**

Si l'on fait agir sur des diastases des radiations ultra-violettes, en dessous de 3.022 unités A, on voit que ces diastases sont fortement atteintes par l'action de ces radiations. Les rayons abiotiques atteignent les produits actifs de la cellule, toxines ou diastases, pourvu que ces produits se trouvent dans un milieu perméable à ces radiations.

M. H. Agulhon [3] a expérimenté sur la sucrase, la diastase du malt, l'amylase pancréatique, l'émulsine, la pepsine, la présure, la catalase de panne de porc.

Il plaçait ces solutions diastasiques à 15 ou 20 centimètres d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure, dans des tubes en quartz ou en verre, ceux-ci ne laissant passer que les unités supérieures à 3.022 A.

Les résultats ont été les suivants :

La *diastase du malt* est atténuée ; exposée sous le quartz elle ne forme plus d'amidon rétrogradé.

L'*amylase pancréatique* et la *pepsine* sont difficilement attaquées, grâce à la présence d'albumine.

La *présure* est également protégée par la coloration de ses solutions.

Pour l'*émulsine*, on constate, après un temps très court d'exposition, un trouble du liquide et un léger précipité de flocons.

La *laccase* et la *tyrosinase* sont très lentement attaquées; cela dépend de l'état de la solution [3].

M. A. Chauchard et M^{lle} B. Mazoué [25] ont approfondi cette action des rayons ultra-violet sur les diastases; ils ont expérimenté sur l'*amylase* et l'*invertine* et le mélange de ces deux diastases; et, en outre, ont examiné si, par les rayons ultra-violet, on ne pourrait pas isoler, dans un mélange de plusieurs diastases, quelques-unes d'entre elles en détruisant les autres.

Les solutions de diastases agitées constamment sont placées à 12 centimètres d'une lampe de 110 v.

Ces auteurs ont constaté que :

1° L'atténuation de l'*amylase* et de l'*invertine* par les rayons ultra-violet est d'abord rapide, puis se ralentit de plus en plus;

2° L'*amylase* du malt est bien plus sensible aux rayons que l'*invertine* du beurre;

3° Lorsqu'on expose des mélanges de l'*amylase* et de l'*invertine*, on trouve que l'*amylase* s'atténue bien plus vite que l'*invertine*.

On pourrait donc, dans un mélange de ces deux ferments, détruire l'*amylase* en atténuant seulement l'*invertine* [25].

Par quel mécanisme se produit la destruction des diastases sous l'influence de la lumière?

M. H. Agulhon, dans une toute récente publication [4], a essayé de donner une explication.

Cet auteur expérimente sur une sucrase, une *laccase* et une *tyrosinase*. Ces trois diastases sont inattaquées par la lumière visible, dans le vide. Exposées dans le

quartz, à la lumière de la lampe, elles sont en partie détruites dans le vide, moins toutefois qu'en présence d'oxygène.

« On peut trouver une explication rationnelle de ce fait dans la décomposition de l'eau, en eau oxygénée et hydrogène, par la lumière ultra-violette. »

L'eau oxygénée détruit les diastases.

De même, par suite de cette formation d'eau oxygénée, la lumière ultra-violette détruirait les diastases en solution aqueuse, même en l'absence d'oxygène.

S'il y a de l'oxygène, l'action est encore plus rapide, la formation d'eau oxygénée étant plus grande; mais la présence d'eau est nécessaire à l'action de la lumière ultra-violette.

Mais, d'après l'auteur lui-même, il n'est pas possible de donner, dans l'état actuel des choses, une unique explication du mécanisme de la lumière ultra-violette sur les diastases [5].

f) **Action sur le caoutchouc.**

Des bandes de caoutchouc désignées par les lettres A B C D, sont irradiées par la lampe en quartz à vapeurs de mercure.

Une partie de ces bandes est protégée par un écran.

Sur A, écran en verre de Bohême + sulfate acide de quinine, l'ultra-violet est arrêté.

Sur B, C, D, dans la région protégée, il y a un écran en verre, et sur celui-ci, le recouvrant en partie, un cristalliseur avec du sulfate de quinine.

Le verre B	laisse passer les radiations	3.600 Å
— C	—	3.300 Å
		et atténue 3.130 Å
— D	—	3.130 Å

On fait agir l'irradiation quarante-huit heures, et l'on constate ensuite que le caoutchouc est devenu d'autant plus rugueux que le nombre des radiations qui l'impressionnent est plus grand.

Les expériences sont recommencées avec des verres colorés. On a pu alors constater que le caoutchouc est particulièrement altéré par les radiations au delà de 3.030 Å.

Les radiations envoyées par le soleil seraient donc très nuisibles, pour le caoutchouc, et cela peut avoir de l'importance au point de vue aéronautique; des ballons violets et bleus subiraient en effet de graves altérations de la part des radiations solaires; au contraire, les ballons jaunes et rouges ne seraient pas attaqués car ces couleurs absorbent les radiations ultra-violettes ainsi que les radiations violettes et bleues qui pourraient également avoir une action nocive [73].

CHAPITRE II

ACTIONS BIOLOGIQUES DES RAYONS ULTRA-VIOLETS

L'étude des actions biologiques des rayons ultra-violet est certainement une des plus intéressantes ; leurs effets sur les plantes et sur les bactéries ont été déjà longuement étudiés ; nous avons pu réunir quelques récentes publications traitant de ces questions.

Nous verrons successivement, dans ce chapitre, l'action de ces rayons sur quelques plantes vertes, sur les bactéries, les bacilles, les tuberculines et sur les venins.

§ I. — ACTIONS SUR LES PLANTES

1^{re} PLANTES A COUMARINE

Les plantes à coumarine ne dégagent leur odeur qu'à mesure que la cellule se déshydrate par la dessiccation ou par une cause artificielle favorisant la plasmolyse.

MM. Maquenne et Demoussy avaient observé que les plantes vertes exposées à la lumière directe de l'arc électrique se flétrissaient, noircissaient et périssaient.

Déjà, bien avant ces auteurs, en mai 1908, M. le

Dr Th. Nogier avait étudié l'action des rayons ultra-violet sur les végétaux : géraniums, haricots, etc..., et avait constaté que leur action est néfaste pour ces végétaux [68].

En même temps, il prouvait par d'autres expériences que l'eau irradiée n'est pas nuisible à la germination des plantes [68].

M. Pougnet [71] a repris cette étude en se servant d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure de 110^v et 4^v.

L'*Asperule odorante*, irradiée à 40 centimètres sans élévation de température, dégage l'odeur de coumarine après trente minutes d'irradiation.

Exposée à 6 centimètres, T. = 108 degrés, l'odeur est perçue au bout de trois minutes.

Les feuilles ainsi traitées sont légèrement foncées.

Le *Mélilot officinal* se comporte de même mais reste vert.

L'*Herniaria glabra* a une plus grande résistance (40 minutes d'exposition à 20 centimètres du brûleur).

L'odeur était bien dégagée par les rayons ultra-violet et non par la chaleur.

Au microscope, on voit le protoplasma se détacher de la membrane et ce phénomène se poursuivre même quand l'irradiation a cessé.

2° PLANTES A GLUCOSIDES DÉDOUBLABLES

Les plantes irradiées sont le cresson, les feuilles de cochléaria, le raifort et des feuilles de laurier-cerise.

Tout se passe comme pour la coumarine.

3° GOUSSES VERTES DE VANILLE

L'action des rayons ultra-violetes semble encore plus profonde, puisque l'on peut avoir l'odeur de vanille avec une *gousse complètement verte*. La durée d'exposition varie entre vingt minutes et six heures, à des distances de 10 à 30 centimètres et des différences de température de 68 à 37 degrés suivant l'état de maturité de la gousse.

Sur les gousses perlent des gouttelettes d'un liquide incolore ; il ne se forme pas de cristaux givrés de vanille.

La gousse brunit d'abord, puis noircit, se ride, reste molle pendant trois mois et se dessèche d'autant plus vite qu'elle était plus mûre ; après cinq mois, elle n'a plus que le 1/11 de son volume primitif [72].

Les rayons ultra-violetes provoquent donc l'odeur dans certaines plantes ; la cellule est tuée alors que survivent les ferments qu'elle renferme.

« L'action des rayons ultra-violetes est comparable à celle d'autres agents mortels, comme les anesthésiques ; il y a mort de la cellule et tous les autres phénomènes produits n'en sont que la conséquence [71]. »

4° SUR LA CHLOROPHYLLE

En soumettant la chlorophylle à l'influence des radiations d'une lampe en quartz à mercure, peut-on obtenir des substances voisines de l'urobiline ?

Telle est la question que se sont posée MM. Bierry et J. Larguier des Bancels.

Des solutions hydro-alcooliques sont faites avec des feuilles d'épinards fraîches ; au bout de vingt-quatre à quarante-huit heures, les solutions irradiées deviennent jaunes et la décoloration continue ; la solution décolorée ne donne plus les bandes d'absorption caractéristiques de la chlorophylle [17].

MM. Maquenne et Demoussy [58 bis] ont constaté le noircissement de la chlorophylle après une irradiation de plusieurs heures ; ce noircissement continuait après la cessation de l'irradiation.

MM. Bierry et J. Larguier ont alors cherché les réactions de l'urobiline dans cette solution de chlorophylle irradiée ; mais leurs résultats ne sont pas affirmatifs.

§ 2. — ACTION SUR LES MICROBES

Nous ne voulons pas exposer ici tout ce qui a été dit sur le rôle abiotique des rayons ultra-violets, rôle d'ailleurs connu depuis la découverte de ces rayons ; nous y reviendrons dans le chapitre suivant.

Nous nous bornerons à parler d'une publication de MM. H. Stassano et L. Lematte sur la possibilité de conserver intactes les agglutinines dans les bactéries, tuées par les rayons ultra-violets [82], et à citer quelques travaux de l'action de ces rayons sur les bactéries en général.

On sait que les rayons ultra-violets tuent rapidement les bactéries ; mais celles-ci ont-elles conservé la propriété de s'agglutiner en présence du sérum agglutinant spécifique ?

Les auteurs cités ont fait agir les rayons d'une lampe à mercure en quartz sur des émulsions de bacilles d'Eberth, et sur des bacilles paratyphiques B (Drigalski, Conradi, etc.).

Le sérum agglutinant était, pour les premiers, du sérum antityphique de cheval agglutinant au $1/50.000$ et, pour les seconds, un antiparatyphique agglutinant à $1/5.000$.

A toutes les différentes dilutions de ces sérums, les bacilles tués par les rayons ultra-violetts ont réagi aussi bien que les vivants. L'agglutinant a subi un léger retard.

Les bactéries tuées par les radiations ultra-violettes conservent donc le pouvoir d'être agglutinées [82].

Là ne se borne pas l'action des rayons sur les bactéries. D'après M. Renaud [75], les bactéries irradiées abandonnent à l'eau physiologique des quantités importantes de produits toxiques, produits de sécrétion et d'autolyse des corps microbiens; si on lave ces bactéries à l'eau physiologique, après irradiation, elles sont résorbées après injections aux animaux à doses énormes sans créer de lésions inflammatoires.

Les produits toxiques de ces bactéries acquièrent des propriétés spéciales par leur contact avec du sérum frais; et l'injection méthodique des bactéries irradiées et des substances toxiques qui en sont extraites, dosées par pesées, permet d'obtenir une excellente immunisation active et avec les microbes les plus différents.

Ces propriétés permettent d'aider à la défense de l'organisme au cours des processus infectieux aigus ou chroniques, par la vaccinothérapie.

M^{lle} Gernorodeanu et V. Henri ont également étudié l'action des radiations ultra-violettes sur certains microbes ; leurs recherches ont porté sur la coloration de ces microbes après irradiation [50] ; nous ne nous étendrons pas sur ce sujet mais nous en reparlerons plus loin à propos de nos recherches personnelles sur les acido-résistants.

§ 3 — ACTION SUR QUELQUES AUTRES SUBSTANCES

1° SUR LA TUBERCULINE

La tuberculine exposée aux rayons ultra-violets ne donne plus aucune réaction chez le cobaye tuberculeux. La durée d'exposition doit être très longue (5 heures). Cette résistance de la tuberculine est bien supérieure à celle du coli et du bacille tuberculeux. La tuberculine exposée dans le vide est détruite plus lentement que celle exposée dans l'air [50]. S'agit-il là d'une destruction véritable ? M. A. Jousset [54] a soumis à l'action d'un sérum antituberculeux précipitant, des échantillons de tuberculine longuement irradiée.

La précipitation s'est effectuée. C'est à peine si pour des dilutions extrêmement étendues on perçoit une réaction plus faible avec la tuberculine irradiée qu'avec la tuberculine primitive.

« On peut donc affirmer que l'irradiation n'atteint pas également toutes les propriétés spécifiques de la tuberculine ; qu'une tuberculine dépouillée de sa toxicité, biologiquement inactive, n'est pas *ipso facto* détruite, puisqu'elle conserve presque intégralement

son pouvoir précipitogène. C'est là un fait à ajouter à tous ceux qui témoignent de l'extraordinaire résistance générale de ce produit. »

2.^o SUR LE VENIN DE COBRA ET SUR SON ANTITOXINE

Nous avons déjà dit précédemment que les rayons ultra-violets avaient une action sur le sérum antivenimeux ; il est considérablement atténué, puis est coagulé ; le venin de cobra est beaucoup plus stable que le sérum antivenimeux vis-à-vis de la chaleur.

Or on constate que, si l'on expose du venin de cobra à l'irradiation ultra-violette, il est rapidement atténué : à tel point que la dose mortelle pour la souris, qui normalement est de 0 mm. 005 avant l'irradiation, peut être portée après irradiation à 1 centimètre cube d'une solution au 1/10.000 sans amener d'accidents.

Il est alors évident que l'injection du mélange atoxique, sérum + venin irradié, ne peut donner de résultats. C'est ce que l'expérience a démontré, mais pourtant le venin n'a pas été détruit, contrairement à ce qui se passe avec un sérum normal ; le sérum antivenimeux a conféré de la stabilité au venin [60].

CHAPITRE III

APPLICATIONS DES RAYONS ULTRA-VIOLETS A L'HYGIÈNE ALIMENTAIRE ET EN PARTICULIER A LA STÉRILISATION DES EAUX POTABLES

Dans les chapitres précédents, nous avons vu successivement les actions des radiations de courte longueur d'onde, sur certains corps de la chimie, et quelques actions de ces rayons au point de vue biologique.

Nous voulons aborder maintenant un sujet de la plus haute importance : l'application de ces rayons à l'hygiène et à la *stérilisation des eaux*.

Depuis que l'on a découvert dans les microbes la cause de beaucoup de maladies infectieuses, on a cherché à les détruire. On s'est aperçu que les eaux étaient un des principaux véhicules de nombreuses maladies infectieuses et épidémiques, aussi a-t-on cherché les moyens de rendre les eaux potables le moins dangereuses possible. Tout a été essayé : produits chimiques, ébullition, filtration, etc....,

Le 22 février 1909, dans une note à l'Académie des Sciences [28], MM. J. Courmont et Th. Nogier, donnant les résultats de leurs recherches, annonçaient *les premiers* (et nous insistons sur ce point) les résultats obte-

nus avec la lampe en quartz à vapeurs de mercure pour la *stérilisation de l'eau*.

La découverte de MM. J. Courmont et Th. Nogier donnait à la science un moyen efficace de lutter contre les microbes.

Depuis cette publication, nombreux sont ceux qui se sont occupés de cette question ; nous citerons MM. Dornic et Daire [38], Billon-Daguerre [18-19], V. Henri [51], Urbain, Scal et Feige [90-91], Miquel [64], etc.....

Nous allons parler dans ce chapitre des appareils employés pour la stérilisation de l'eau ; de quelques propriétés physiques de la lampe en quartz à vapeurs de mercure ; des résultats obtenus dans l'application de ce procédé à l'hygiène alimentaire, et nous terminerons par quelques mots sur l'emploi de cette méthode de stérilisation dans quelques collectivités.

§ 1. — LES APPAREILS

Différentes sources d'ultra-violet ont été employées pour la stérilisation des eaux.

MM. Tassilly et Cambier ont utilisé la flamme du sulfure de carbone brûlant dans l'oxyde azotique [86].

MM. Urbain, Scal et Feige ont employé l'arc à l'air libre, avec pour électrode une tige d'aluminium fourrée, suivant son axe, par une tige de fer de 10 millimètres ; l'électrode — est un charbon [91].

Ces auteurs se sont servis également d'une source électrique avec anode de tungstène et cathode de mercure [92].

Nous ne nous arrêterons pas à ces différentes sources, et nous parlerons uniquement des appareils où les rayons ultra-violets sont fournis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure.

Nous avons déjà dit que les premières expériences faites par ce procédé et les premiers résultats obtenus étaient l'œuvre de MM. J. Courmont et Th. Nogier ; nous allons rapporter ce qui a été écrit à ce sujet par M. le professeur J. Courmont [27] :

« Les longueurs d'onde (λ) des rayons sont habituellement comptées en unité Angström (unités Å). L'unité Angström = 0m. 000.000.001. Voici un tableau de longueurs d'onde des différents rayons du spectre :

<i>Spectre du bec Auer.</i>	UNITÉS Å.
Limite de l'infra-rouge.	600.000

<i>Spectre solaire.</i>	
Limite de l'infra-rouge solaire	300.000
— du rouge visible	7.610
— du violet visible	3.970
— de l'ultra-violet solaire	2.950
— supérieure des rayons ultra-violet très bactéricides	2.800

<i>Spectres métalliques.</i>	
Limite inférieure du spectre du mercure	2.225
— de l'ultra-violet métallique	1.200

<i>Spectres du gaz.</i>	
Limite de l'ultra-violet extrême.	1.030

« On voit que tous les rayons ultra-violet de l'origine solaire, de longueur d'onde inférieure à 2.950 Å, sont absorbés par l'atmosphère et ne nous arrivent pas.

« Pour avoir des rayons vraiment bactéricides (inférieurs à $2.800 \text{ \AA}$) il faut s'adresser aux sources artificielles de production de ces rayons.

« L'appareil le plus puissant est *la lampe en quartz à vapeurs de mercure*. La vapeur de mercure luminescent est une source très riche de rayons ultra-violets. Le spectre ultra-violet du mercure va de $\lambda = 3.650 \text{ \AA}$ à $\lambda = 2.225 \text{ \AA}$. Le quartz laisse passer tous les rayons de longueur d'onde supérieure à $4.500 \text{ \AA}$, c'est-à-dire tous les rayons du spectre du mercure. Comme les rayons sont surtout bactéricides au-dessous de $\lambda = 2.800 \text{ \AA}$, ce sont les rayons entre $2.800 \text{ \AA}$ et $2.225 \text{ \AA}$ qui font de la lampe en quartz un appareil à la fois aussi dangereux pour les cellules vivantes, pour la personne qui le manie sans précaution, et aussi utile pour détruire les microbes.

« La lampe en quartz à vapeurs de mercure est alimentée par du courant continu. Elle doit être convenablement refroidie. Bien conditionnée, sa durée est théoriquement indéfinie, en réalité très longue. La surveillance de l'allumage est facile soit par une lampe électrique témoin, soit par la simple constatation de l'éclat lumineux de la lampe.

« L'allumage le plus simple consiste à basculer la lampe; le courant s'établit, et la lampe s'allume, dès qu'un filet de mercure réunit les deux pôles. La lampe étant remise dans sa position première, le filet de mercure est coupé, mais le courant passe par les vapeurs de mercure qui deviennent luminescentes.

« ... On recherche depuis longtemps un moyen économique et simple pour stériliser l'eau potable... C'est ce procédé simple, sûr et économique, que nous avons

réalisé, M. Nogier et moi, en utilisant les propriétés bactéricides des rayons ultra-violets émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure. Cette découverte nous appartient entièrement, les nombreux travaux qui ont paru ultérieurement sur la question ayant simplement confirmé, presque toujours sans nous citer, les faits que nous avons avancés, en termes cependant absolument précis, à une date où la littérature scientifique était entièrement vierge de publications sur ce sujet.

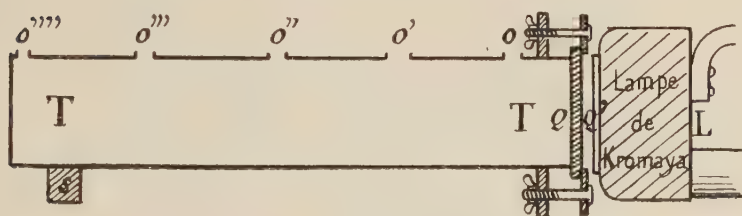


FIG. 1. — Tube pour rechercher jusqu'à quelle distance l'eau peut être stérilisée.

« Voici comment nous avons procédé. Nous avons d'abord utilisé la lampe classique de Kromayer. Un tube métallique à tétines, terminé par un opercule en quartz (fig. 1) était placé en face de la lampe de Kromayer. Le tube, rempli d'eau polluée, restait ainsi soumis à l'irradiation pendant des temps variables. De l'eau était prélevée par chaque tétine, au moyen de pipettes stérilisées.

« Ces expériences préliminaires nous montrèrent que l'eau était très rapidement stérilisée jusqu'à 30 centimètres environ de la lampe. L'eau était donc perméable aux rayons ultra-violets bactéricides et ceux-ci tuaient

très rapidement les microbes contenus dans cette eau.

« Le fait capital était établi.

« Nous fîmes alors construire des lampes longues de 15 à 30 centimètres, de la forme représentée à la figure 2.

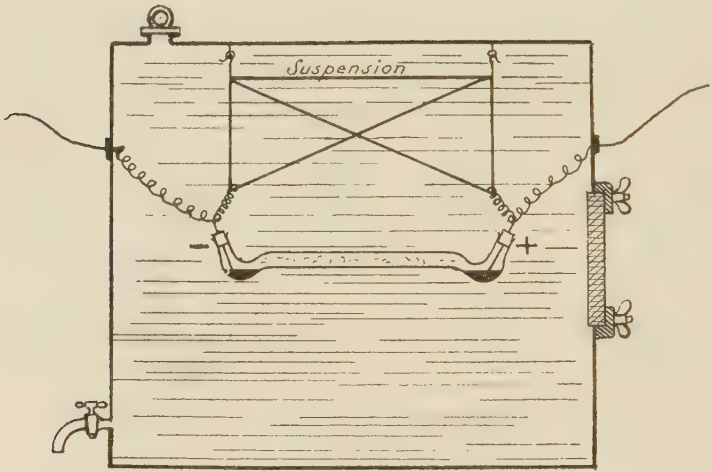


FIG. 2. — Tonneau d'expériences pour les essais de la stérilisation de l'eau.

« Ces lampes étaient suspendues dans l'axe d'un tonneau métallique de 60 centimètres de rayon, d'une contenance de 110 litres environ (fig. 2).

« Ce tonneau pouvait être rempli par un orifice supérieur; un robinet était ménagé à la partie inférieure; un large hublot en verre permettait d'examiner sans danger ce qui se passait à l'intérieur. Enfin, le tonneau était monté sur pivot et basculait en entier pour l'allumage de la lampe.

« En somme, une seule lampe était placée dans l'axe

d'un fragment de tuyau de 60 centimètres de diamètre de façon que les parois ne soient pas à plus de 30 centimètres de la source lumineuse. En réalité, la distance aurait pu être plus grande, nous nous en sommes assurés depuis.

Avec ce tonneau, nous avons réalisé un très grand nombre d'expériences, qui nous ont permis d'affirmer la possibilité de stériliser rapidement et intégralement

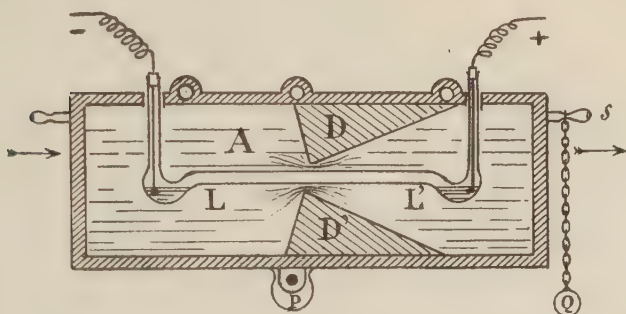


FIG. 3. — Ancien appareil Nogier.

une eau, si souillée soit-elle, pourvu qu'elle soit limpide. Plus tard, mon collaborateur Th. Nogier a personnellement fait construire une série d'appareils pour l'application de notre découverte [37]. »

Les premiers appareils que fit construire M. le Dr Th. Nogier se composent d'un cylindre de métal de 40 centimètres de longueur environ, sur environ 10 centimètres de diamètre. A l'intérieur de ce cylindre est une lampe en quartz à vapeurs de mercure, du type ci-dessus décrit. Une particularité de cet appareil (fig. 3), c'est qu'il possède un diaphragme for-

çant l'eau à venir lécher la lampe, que l'on allume par un mouvement de bascule. L'eau entre sous pression.

Cet appareil a été modifié depuis et perfectionné :

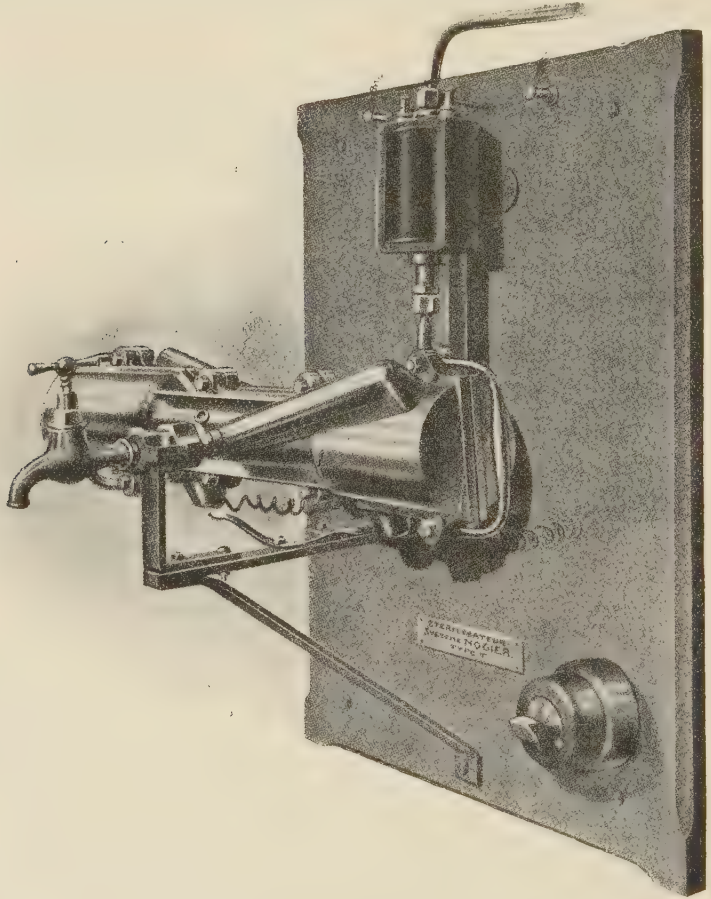


FIG. 4. — Appareil ménager Th. Nogier, Type T.

une soupape automatique arrête l'eau dès que la lampe s'arrête. C'est une garantie absolue pour n'avoir que de l'eau parfaitement stérilisée (fig. 4).

Enfin, un troisième perfectionnement consiste dans la possibilité de faire allumer la lampe, par un simple mouvement de rotation de cette lampe, sans bouger l'appareil.

Pouvant fonctionner sous un courant minimum de 30^{vol} avec une intensité de 6^A50, cet appareil, type ménager, peut débiter 1.000 litres à l'heure d'une eau immédiatement et chirurgicalement stérile, ainsi que nous le prouverons plus loin, et cela, avec une dépense insignifiante de quelques centimes à l'heure.

Par les procédés du D^r Th. Nogier, on a construit, aussi, un appareil pour l'usage urbain.

Il est de dimensions de 2 m. 50 $\times$ 0,50 $\times$ 0,60, contient plusieurs lampes en quartz facilement démontables; la mise en marche se fait par bascule, le débit est de 100 mètres cubes à l'heure.

Ces appareils ménagers et urbains présentent deux particularités importantes :

1^o Ils donnent **immédiatement** de l'eau chirurgicalement pure.

2^o La lampe est *immergée* dans l'eau.

C'est qu'en effet, il en a été créé d'autres ne présentant pas ces particularités. Ce sont ceux de la « Westinghouse Cooper-Hewitt Company » dont MM. Marc von Recklinghausen, Victor Henri et Helbronner ont étudié l'action [74].

L'appareil ménager Westinghouse Cooper-Hewitt est constitué par un récipient émaillé où arrive l'eau à stériliser; cette eau subit, après un passage contrarié par une disposition spéciale, l'action d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure connue sous le nom

« Silica Westinghouse » fonctionnant à 4 ampères.

1° Cette lampe fonctionne à l'*air libre à haute température*.

2° Les constructeurs ont pris soin d'indiquer sur ce stérilisateur en trois langues différentes, qu'il **était indispensable de faire fonctionner la lampe pendant dix minutes avant d'obtenir de l'eau stérilisée**.

Arrêtons-nous un instant sur ce fait. Nous prenons notre repas (supposons que ce soit en été); on désire de l'eau; on prie le domestique d'aller chercher une carafe d'eau stérilisée.

Il nous faudra attendre dix minutes avant que l'on nous apporte l'eau demandée; et croyez-vous, surtout si l'on est pressé, que l'on prendra le soin d'observer les conseils inscrits sur l'appareil? On apportera une carafe d'eau quelconque avec tous ses germes et ses causes de maladies infectieuses. Supposons pourtant, ce qui est peu probable, que l'eau apportée soit convenablement stérilisée; un simple calcul indiquera vite quel est le prix de revient de cette carafe d'eau, puisque l'appareil a dû fonctionner dix minutes inutilement, avant de stériliser.

Dans le stérilisateur Nogier, au contraire, la soupape automatique, dont nous avons parlé, ne permet pas à l'eau de couler si la lampe ne fonctionne pas, et cette eau sort *immédiatement* stérile.

Il est inutile d'insister plus longuement. Disons cependant encore, que le système Westinghouse ne fonctionne pas sous pression et qu'il a besoin d'un nettoyage fréquent.

La « Westinghouse Cooper-Hewit Company » a construit également un stérilisateur pour grandes quantités d'eau; il possède une soupape de sûreté; mais la lampe fonctionne à haute température; avec une dépense de 26 watt-heures par mètre cube, il débite 500 mètres cubes par vingt-quatre heures.

En résumé, deux types d'appareils ont été employés pour la stérilisation des eaux potables par la lampe en quartz à vapeurs de mercure :

1° Celui de M. le D^r Th. Nogier, à lampe *immergée* qui débite *immédiatement* de l'eau chirurgicalement pure,

2° Celui de la « Westinghouse Cooper-Hewit Company » à lampe fonctionnant à l'*air libre*, à *haute température*, qui ne donne son maximum de stérilisation *qu'après dix minutes de fonctionnement*, ne présente pas de soupapes de sécurité (du moins dans le type ménager) et nécessite un nettoyage fréquent, en raison des altérations de l'émail de l'appareil qui se fendille et peut conserver des microbes dans ses anfractuosités.

Le grand point de différence entre ces deux systèmes réside dans le fonctionnement de la lampe.

Nous allons exposer ce qui a été dit à ce sujet; ce sera l'objet du paragraphe suivant.

§ 2. LA LAMPE EN QUARTZ A VAPEURS DE MERCURE DOIT-ELLE ÊTRE IMMERGÉE OU NON ?

MM. Buisson et Fabry ont mesuré par des méthodes physiques l'énergie du rayonnement ultra-violet des lampes en quartz à vapeurs de mercure [22]. Ils ont expérimenté sur une lampe Herœus, une lampe A. E. G.

une lampe Westinghouse et une lampe immergée dans l'eau; ils ont dressé le tableau comparatif suivant :

	WATTS CONSOMMÉS	RAYONNEMENT	
		Total des w.	U.-v. en w.
Lampe Hercus . . .	95	35	0,81
— A. E. G . . .	1	»	3,2
— Westinghouse .	559	375	35,2
— immergée. . .	246	»	0,46

On voit que d'une lampe à l'autre, le rendement en ultra-violet varie beaucoup pour le même nombre de watts fournis [22].

M. V. Henri a entrepris l'étude de ce rayonnement ultra-violet par une série de réactions photochimiques, et il conclut [48] :

1° Le rayonnement ultra-violet d'une lampe brûlant dans l'air, augmente extrêmement vite lorsqu'on élève son régime électrique ;

2° L'action sur le citrate d'argent est absolument parallèle à l'action bactéricide des rayons émis par une lampe; cette réaction permet donc de contrôler l'action bactéricide d'une lampe ;

3° Le rayonnement ultra-violet extrême croît bien plus vite que le rayonnement total de la lampe.

Cet auteur a cherché comment varie le rayonnement ultra-violet lorsque, par des conditions de refroidissement différentes, on fait varier le régime électrique de la lampe. Les résultats sont que le rayonnement ultra-violet de la lampe est d'autant plus intense que la température du tube lumineux est plus élevée [49].

Enfin, on a dit que le refroidissement de la lampe en quartz par l'eau dans laquelle elle est plongée modifiait fortement son fonctionnement normal, et que, sur les parois de la lampe, il se forme un dépôt calcaire qui devient un obstacle au passage des radiations de courte longueur d'onde [74].

En résumé, d'après tous ces auteurs, la lampe, fonctionnant à haute température, produirait une grande quantité de rayons ultra-violets (ce qui est exact), et cette lampe ne deviendrait hors d'usage qu'après une durée de service très grande.

MM. Jules Courmont et Th. Nogier ont étudié cette question, et nous allons reproduire la communication de ces auteurs [31] :

« On sait, depuis les travaux de Küch et Retchinsky, que les lampes à vapeur de mercure, à tube de quartz, donnent, à *haute température*, une lumière très riche en rayons ultra-violet.

« Ce régime serait excellent si les effets restaient constants. L'expérience prouve qu'il n'en est rien.

« Déjà Bordier, traitant de la quantitométrie des rayons ultra-violet, avait attiré l'attention sur l'importance de l'âge de ces lampes. Il avait trouvé que des lampes à vapeur de mercure, chauffant au rouge et *usagées*, pouvaient émettre notablement moins de rayons ultra-violet qu'une lampe *neuve* (jusqu'à sept fois moins dans une expérience).

« Nous avons cherché à vérifier ce fait, si important au point de vue des applications pratiques et à l'approfondir.

« I. *Recherches physiques*. — A l'aide d'un spectro-

graphe de Féry, à prisme et à lentille de quartz, nous avons fait toute une série de spectres de lampes à mercure, à tubes de quartz. A haute température, on sait que ces lampes émettent un double spectre : spectre *continu*, sur lequel vient se broder un spectre de *raies* caractéristique.

« L'avantage principal des lampes fonctionnant à haute température est l'obtention du spectre continu.

« Or, nous avons constamment trouvé que les lampes usagées émettaient *un spectre de raies un peu moins intense* que les lampes neuves, mais surtout que les lampes usagées donnaient *un spectre continu beaucoup moins intense* que les lampes neuves, surtout au-dessous de la longueur d'onde $2536 \text{ \AA}$.

« La diminution du rendement en radiations ultraviolettes porte donc, avec le temps, surtout sur le spectre produit par le fonctionnement de la lampe à haute température.

« II. *Recherches chimiques.* — Nous avons exposé devant des lampes à vapeur de mercure, de même forme, de même longueur et fonctionnant sous le même régime (135 volts, 4 ampères), des bandelettes de papier photographique au ferrocyanure de potassium et des bandelettes de papier-filtre, imprégné d'une solution de ferrocyanure de potassium à 20 pour 100 (réactif de Bordier).

« Dans toutes les expériences, la coloration du papier réactif, exposé pendant le même temps et à la même distance, a été considérablement plus faible avec les lampes usagées qu'avec les lampes neuves.

« Le pouvoir photochimique des lampes en quartz, fonctionnant à haute température, diminue donc progressivement avec le temps.

« III. *Recherches biologiques.* — L'un de nous a exposé son avant-bras (face antérieure) au faisceau total émanant de lampes à vapeur de mercure fonctionnant à haute température, neuves et usagées. L'irradiation dura 180 secondes à 23 centimètres des lampes.

« La lumière des lampes *neuves* provoqua une destruction de l'épiderme, avec inflammation vive, phlyctènes, vésication. La lumière des lampes *usagées* provoqua une réaction très légère, un érythème peu accentué, sans phlyctènes ni vésication.

« Le pouvoir abiotique des lampes en quartz, fonctionnant à haute température, décroît donc progressivement à mesure que la lampe vieillit.

« IV. La *cause* de cette diminution progressive du rendement en rayons très réfrangibles de ces lampes, *lorsqu'elles fonctionnent à haute température*, est difficile à déterminer exactement. Elle semble due à une modification de la paroi *intérieure* du tube de quartz, qui se recouvre peu à peu d'un enduit grisâtre (peut-être de silicate de mercure : Bordier et Morel). Elle pourrait aussi être due à une modification de la composition gazeuse du milieu où se produit l'incandescence de la vapeur du mercure. Elle ne peut être rattachée à des ternissures de la paroi *extérieure*, les lampes ayant été rigoureusement nettoyées à l'extérieur avant les expériences.

« V. Les *conséquences* de ces constatations sont pratiquement très importantes ;

« 1° Il ne faut pas compter sur la constance du rendement lumineux et ultra-violet des lampes en quartz, *si elles fonctionnent à haute température* ;

« 2° L'action physique, chimique, biologique et abiotique des lampes, soumises à ce régime, va en décroissant à dater du jour de leur mise en service ;

« 3° L'altération est intérieure à la lampe et indélébile ;

« 4° Il faut donc *éviter l'élévation de la température du quartz, en refroidissant convenablement les lampes pendant leur fonctionnement.* »

Nous terminons cet exposé en donnant un aperçu des résultats obtenus avec ces différents appareils.

1° APPAREIL NOGIER

Le lecteur voudra bien se reporter au chapitre 1^{er} de la deuxième partie de cet ouvrage ; il y trouvera le résultat de nos recherches sur la stérilisation de l'eau par l'appareil ménager Nogier « type T » (fig. 4), et nos expériences sur la durée de la lampe.

Mais nous pouvons rappeler ici les résultats merveilleux obtenus par MM. J. Courmont et Th. Nogier, lors de leurs nombreuses expériences [26] : stérilisation chirurgicale d'une eau extrêmement polluée, destruction des spores du *bacillus mesentericus* [64] ; l'eau n'est pas échauffée, les substances chimiques dissoutes ne sont pas modifiées ; cette eau n'est pas nocive [26, 27, 32, 34].

L'appareil Nogier est donc un excellent modèle :

L'eau y arrive sous pression, la soupape automati-

que donne la certitude de n'avoir que de l'eau qui a léché les parois de la lampe en plein fonctionnement. Cette lampe fournit autant d'ultra-violet qu'une lampe fonctionnant à haute température, à condition d'augmenter légèrement l'intensité du courant (6^A50 , au lieu de 4^A), ce qui est une dépense insignifiante vite regagnée par l'usure moindre de la lampe.

Enfin, il fournit immédiatement une eau chirurgicalement stérile.

2° APPAREIL WESTINGHOUSE

Nous allons exposer une de nos expériences faites avec l'appareil de la « Westinghouse Cooper Hervit Company ».

Dans un réservoir de 60 litres, que l'on remplit d'eau, on verse une culture pure de colibacilles (10 centimètres cubes).

La lampe (qui est neuve) de l'appareil Westinghouse fonctionne à 4 A ; le débit d'eau est réglé à 3 litres à la minute.

On fait des cultures sur gélatine en boîtes de Pétri :

1° Deux boîtes reçoivent chacune $1/4$ de centimètre cube de l'eau polluée du réservoir, avant toute irradiation ;

2° Deux autres boîtes reçoivent chacune $1/4$ de centimètre cube de la même eau, après son passage dans l'appareil Westinghouse *dont on vient d'allumer la lampe* ;

3° Deux autres boîtes reçoivent chacune $1/4$ de centimètre cube de la même eau, après son passage

dans l'appareil Westinghouse, *la lampe ayant fonctionné dix minutes.*

RÉSULTATS :

1° *Avant* : Dans les deux boîtes, multitude de petites colonies jaunâtres sur lesquelles tranchent quelques colonies plus larges (incomptables).

2° *Après* :

A. — *Immédiatement après* : Autant de petites colonies jaunâtres que dans l'eau avant, mais seulement dix grosses colonies par boîte.

B. — *Après dix minutes de fonctionnement* : Deux à trois petites colonies seulement apparaissent, très petites.

En somme, après l'allumage de la lampe de l'appareil Westinghouse, les colonies diminuent progressivement et lentement.

Au bout de dix minutes seulement, la stérilisation est efficace.

Enfin, voici les conclusions de MM. Schwartz et Aumann qui ont expérimenté les appareils type U et type B² :

a) L'appareil type U absorbant 4 ampères sous 110-120 volts permet, dans des conditions déterminées et avec de l'eau *très claire*, de stériliser pratiquement, dans la plupart des cas, *60 litres* d'eau à l'heure, à la condition cependant que l'eau ne contienne qu'un nombre de microbes variant de 500 à 2.000 par centimètre cube ;

b) Pour l'appareil type B² (Westinghouse) :

1° On peut obtenir dans des conditions déterminées de

fonctionnement avec de l'eau *très claire*, pas trop riche en germes (2.000 au centimètre cube au maximum), une eau potable stérile à raison de 600 litres à l'heure (pourvu du moins que le brûleur fonctionne de façon irréprochable) ;

2° Le prix de l'achat, de la pose et du fonctionnement ne nous semble conseiller l'appareil en pratique *que dans des circonstances toutes particulières* ;

3° Au point de vue technique, il y a lieu de rechercher une lampe ultra-violette appropriée et fonctionnant de façon *irréprochable* (car le brûleur s'est éteint plusieurs fois sans cause apparente, au cours du fonctionnement) ; il faut demander un appareil d'irradiation de l'eau, construit *soigneusement*, facilement transportable et facile à *nettoyer à fond* ;

4° Il est *nécessaire* d'employer, dans la stérilisation par la lumière ultra-violette, une *soupape automatique*, coupant l'arrivée de l'eau non stérilisée. Il faut compter, en effet, avec l'*extinction* de la source de lumière à la suite des variations du courant ou d'autres causes que *l'on n'est pas encore près d'expliquer* [83, 84].

Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, et nous allons envisager l'application pratique à l'hygiène alimentaire des rayons ultra-violets.

§ 3 — APPLICATIONS DE LA STÉRILISATION PAR L'ULTRA-VIOLET A L'HYGIÈNE ALIMENTAIRE

Nous allons exposer ce qui a été publié sur la stérilisation du lait et des vins, et nous terminerons par quelques mots sur l'eau, ce qui a été dit précédemment

étant une preuve suffisante de l'application de l'ultra-violet à la stérilisation de ce liquide.

1^o LE LAIT

MM. V. Henri et G. Stodel [53], en employant des lampes Herœus et Kûch, sont parvenus à stériliser du lait sans élévation notable de température.

D'autre part, MM. Römer et Sames, en essayant de stériliser du lait du commerce avec une lampe Herœus, n'ont obtenu qu'une stérilisation imparfaite; les globules gras du lait empêchant, en effet, une action complète des rayons ultra-violets. Nous avons vu, précédemment, que ces rayons donnent naissance à des acides gras volatils; aussi ne peut-on espérer stériliser le lait avec les radiations ultra-violettes, car si les germes mêmes étaient détruits, on aurait au point de vue des matières grasses des transformations telles que le lait serait dénaturé [79].

M. Talarico a également constaté une altération du lait sous l'influence de l'ultra-violet; le lait perd sa digestibilité tryptique après trente minutes d'irradiation [85].

On peut donc conclure qu'actuellement les rayons ultra-violets ne peuvent pas servir à la stérilisation du lait.

2^o LE VIN EN FERMENTATION

MM. Maurain et Marcollier (auxquels on doit cette notion que le cidre doit, pour être stérilisé, subir l'action des rayons ultra violets pendant trois minutes, s'il est

en couche de $1/4$ de millimètre d'épaisseur et pendant plus de quinze minutes s'il est en couche de 0 mm. 001 [62] ont effectué des recherches analogues sur le vin blanc mousseux déjà pris de mousse [63].

La lampe se trouvait à 4 centimètres de la lame de quartz sur laquelle s'étalait le vin. Dans ces conditions, il n'a jamais fallu plus de cinq secondes ou plus de dix secondes, pour assurer la destruction complète des levures du vin étalé en couche de $1/4$ de millimètre d'épaisseur.

Pour les couches d'1 millimètre le même résultat a été obtenu après des durées de trente secondes à une minute.

On ne peut s'empêcher d'être frappé par l'écart considérable qui existe dans les durées d'exposition nécessaires pour arriver au même résultat avec le vin et le cidre. Les auteurs l'expliquent par la transparence supérieure du vin aux rayons efficaces.

En somme, le vin et le cidre pourraient être stérilisés, mais la durée d'exposition nécessaire nécessiterait une telle dépense d'électricité, que ce procédé ne semble pas applicable au point de vue pratique.

3° L'EAU

C'est surtout à la stérilisation de l'eau potable que les rayons ultra-violets peuvent être employés; les résultats obtenus ont été excellents puisque l'on est parvenu à obtenir de l'eau absolument pure.

L'eau est immédiatement stérilisée par des appareils pouvant donner un fort débit, avec une dépense relativement faible. De nombreux publications et rap-

ports [64, 89, 26, 32, 39, 83] sont d'accord pour attester ce fait.

Devant de pareils résultats, il n'est pas douteux que la stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violets soit la stérilisation de l'avenir. Les différents appareils construits permettent à ce procédé de trouver son utilité :

1^o *Dans les maisons d'habitation*, l'eau stérilisée offrira toutes les garanties hygiéniques.

Chez le *médecin* ou le *chirurgien-dentiste*, la lampe à vapeurs de mercure remplacera avantageusement tous les récipients destinés à faire bouillir l'eau pour assurer l'asepsie.

Chez le *pharmacien*, son utilité sera incontestable pour préparer les solutions où doit entrer l'eau stérilisée.

2^o *Dans les collectivités*. — Dans les *villes*, les appareils urbains dont nous avons parlé assureront avec un énorme débit une eau extrêmement pure, qui ne transportera plus d'épidémies.

Déjà certaines villes ont fait des essais et leurs rapports sont à l'avantage des rayons ultra-violets [89].

A l'*hôpital*, elle remplacera l'eau bouillie aux usages si nombreux ; l'eau coulant immédiatement stérilisée pourra être utilisée immédiatement.

Dans l'*armée* enfin, la stérilisation de l'eau par l'ultra-violet a un grand avenir.

Dans les casernes et quartiers, le moyen de stérilisation employé est la filtration. Ce système est bon, mais souvent insuffisant ; il sera souvent conservé, puisque l'eau, qui sera stérilisée par la lampe à vapeurs

de mercure, doit être claire. Mais, il est trop souvent insuffisant car les bougies filtrantes, nécessitant un entretien fréquent, doivent être surveillées et s'usent rapidement.

Le médecin militaire, de qui l'on exige beaucoup, qui doit veiller à la santé des soldats qu'on lui confie, a le devoir de demander qu'il soit mis à sa disposition les moyens suffisants pour lutter contre les maladies.

Il fait tout ce qui est nécessaire pour enrayer les épidémies et, malgré tout, celles-ci peuvent se manifester : dysenterie, typhoïde, voire même maladie cholériforme¹, toutes maladies causées par des eaux insuffisamment purifiées.

Que l'on mette à la disposition de l'armée des appareils à stérilisation par les rayons ultra-violets, avec préfiltration si l'eau est trouble, et l'on sera certain d'avoir une eau saine.

L'appareil du Dr Th. Nogier remplit toutes les conditions voulues ; il est d'un grand débit et donne immédiatement une eau chirurgicalement pure.

Il serait donc facile de stériliser absolument l'eau dans les casernes : cela ne présenterait pas non plus grandes difficultés dans les camps et pour les troupes en campagne. On imagine facilement, pour ces dernières, des automobiles-citernes dont le moteur, à l'arrêt, servirait à puiser l'eau pour remplir le réservoir et à fabriquer l'électricité nécessaire au fonctionnement de la lampe.

¹ Epidémie sur la flotte, le 20 novembre 1911, à Toulon.

DEUXIÈME PARTIE

Dans cette deuxième partie, nous exposerons quelques expériences que nous avons faites :

1° Sur la stérilisation de l'eau par les appareils Nogier et Westinghouse ;

2° Sur l'action des rayons ultra-violetes sur la colorabilité de quelques microbes acido-résistants ;

3° Sur la spécificité des granulations de Much.

CHAPITRE PREMIER

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES APPAREILS NOGIER ET WESTINGHOUSE SERVANT A LA STÉRILISATION DES EAUX

§ 1. — RÉSULTATS OBTENUS AVEC L'APPAREIL DU D^r TH. NOGIER (TYPE T)

Nous avons déjà décrit précédemment cet appareil ; rappelons seulement que l'eau, y arrivant sous pression, subit l'action des rayons ultra-violets émis par une lampe en quartz à vapeurs de mercure *immergée* ; et que ce stérilisateur est muni d'une *soupape automatique*, dont le but est d'arrêter l'eau dès que le courant électrique s'arrête.

PREMIÈRE EXPERIENCE

Dans un réservoir, arrivent 60 litres d'une eau polluée avec 17 centimètres cubes d'une culture de colibacilles (48 heures).

On fait une prise de cette eau, avant irradiation, et l'on ensemente trois boîtes de Pétri gélatine.

Une première boîte reçoit 1 centimètre cube de cette eau *diluée* au 1/20.

Une deuxième boîte 1/2 centimètre cube et une troisième, 1/4 de centimètre cube de la même eau.

On fait fonctionner la lampe de quartz à vapeurs de mercure (110^v 6^A50); l'eau polluée passe dans l'appareil avec un débit de 7 litres à la minute.

On fait alors une prise de cette eau irradiée et l'on ensemence trois autres boîtes de Pétri gélatine avec 1 centimètre cube, 1/2 centimètre cube et 1/4 de centimètre cube de cette eau *non diluée*.

On laisse ces six boîtes à la température du laboratoire, et, après plusieurs jours, les résultats obtenus sont les suivants :

1° Dans l'eau *avant irradiation* : 1.250.000 colonies par centimètre cube (colibacilles surtout, microbes divers et liquéfiant);

2° Dans l'eau *après son passage* dans l'appareil Nogier : 0 colonies dans les trois boîtes.

La stérilisation par l'appareil Nogier est donc parfaite; en une minute nous avons obtenu 7 litres d'eau chirurgicalement pure.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE

Nous laissons fonctionner l'appareil *pendant cinq cent cinquante heures*.

Après ce temps, nous recommençons *exactement* l'expérience précédente, nous plaçant *absolument* dans les mêmes conditions.

Résultats :

1° Dans l'eau *avant irradiation* : autant de microbes (colibacilles surtout) que dans la première expérience;

2° Dans l'eau *après son passage* dans l'appareil Nogier *ayant fonctionné cinq cent cinquante heures*, ON NE TROUVE PAS TRACE DE LA PLUS PETITE COLONIE.

Pendant le fonctionnement de cet appareil, toutes les cents heures, nous faisons un ensemencement de l'eau irradiée, et *jamais* nous n'avons trouvé une seule colonie.

En résumé : Même après une durée de fonctionnement de cinq cent cinquante heures, la lampe immergée de l'appareil Nogier stérilise *chirurgicalement* l'eau, et cela, avec un débit réglé à 420 litres à l'heure.

La puissance stérilisante de l'appareil n'est donc pas diminuée après cinq cent cinquante heures de fonctionnement.

§ 2. — RÉSULTATS OBTENUS
AVEC L'APPAREIL DE LA « WESTINGHOUSE
COOPER HEWITT COMPANY »

PREMIÈRE EXPÉRIENCE

Nous nous sommes placé exactement dans les mêmes conditions que pour nos expériences avec l'appareil Nogier « type T ».

Le stérilisateur employé possède une lampe en quartz à vapeurs de mercure, fonctionnant à haute température; l'eau coule avec un débit de 3 litres à la minute; rappelons que cet appareil n'est pas muni de soupape automatique, arrêtant l'eau dès que la lampe s'éteint (ce qui arrive fréquemment).

Nous ensemençons trois boîtes de Pétri gélatine, comme précédemment avec de l'eau non irradiée.

Puis, nous mettons l'appareil en marche, et faisons une prise d'eau irradiée, *immédiatement* après le fonctionnement de l'appareil; nous ensemençons sur boîtes de Pétri gélatine.

Enfin, dix minutes après l'allumage, nous faisons une nouvelle prise d'eau irradiée et ensemençons également.

Résultats :

1° Dans l'eau *avant irradiation* : Multitude de colonies

diverses (colibacilles, liquéfiant, etc.). Plus de 1.000.000 de colonies au centimètre cube;

2° *Quelques instants* après l'allumage :

Près de 100 colonies au centimètre cube et cela dans chaque boîte;

3° *Dix minutes* après l'allumage :

Dans une boîte, une grosse colonie liquéfiante, et 3 colonies de colibacilles;

Dans les deux autres boîtes, 2 colonies de colibacilles et 1 liquéfiant.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE:

Nous avons fait fonctionner la lampe Westinghouse pendant 100 heures.

Après ce temps, nous avons recommencé l'expérience précédente en nous plaçant exactement dans les mêmes conditions.

Résultats :

1° Dans l'eau *avant irradiation* : Plus de 1.000.000 de colonies, colibacilles surtout.

2° *Quelques instants* après l'allumage :

150 colonies environ, au centimètre cube (coli, microbes divers, liquéfiant).

3° *Dix minutes* après l'allumage :

Dans une boîte : 5 colonies de colibacilles et 2 liquéfiant.

Dans l'autre boîte : 3 colonies de colibacilles, 3 colonies jaunâtres.

Conclusions :

1° L'appareil ménager « type T » du Dr Th. Nogie donne une eau *immédiatement stérile*, pouvant servir aux usages chirurgicaux.

Même après un fonctionnement de cinq cent cin-

quante heures le pouvoir stérilisateur de la lampe n'a pas été diminuée.

2° Avec l'appareil de la « Westinghouse Cooper Hewit Company » *quelques instants* après l'allumage, le nombre des colonies n'est que diminué; après *dix minutes* de fonctionnement la stérilisation, quoique non parfaite, est bonne. Ce résultat est conforme à celui annoncé par les inventeurs.

Au bout d'un usage de 100 heures, le pouvoir stérilisant de *la lampe fonctionnant à haute température* semble déjà avoir diminué.

3° Ces faits montrent l'avantage pratique qu'il y a à utiliser, pour stériliser l'eau, la lampe en quartz à vapeurs de mercure *immergée* (stérilisation complète et immédiate, durée très longue des lampes).

CHAPITRE II

§ 1. — ACTION DES RAYONS

ÉMIS PAR LA LAMPE EN QUARTZ A VAPEURS DE MERCURE SUR LA COLORABILITÉ DES BACILLES ACIDO-RÉSISTANTS

Nous avons étudié l'action des rayons émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur la colorabilité d'un certain nombre de bacilles acido-résistants. Les espèces irradiées ont été les suivantes :

Cultures sur milieux solides :

1° Bacille tuberculeux bovin (culture sur pomme de terre âgée de 5 mois) ;

2° *Grasbacillus* II de Møller (3 mois) ;

3° Bacille du smegma (6 mois) ;

4° *Milchbacillus* de Møller (4 mois) ;

5° B. du beurre de Rabinowitch (4 mois) ;

6° *Bacillus* II de Tobler (16 mois).

M^{lle} Cernovodeanu et V. Henri (24 *bis*) ont vu que :

1° Le bacille tuberculeux perd la faculté de coloration par le Gram à l'état sec et en émulsion ;

2° Que le même bacille et celui de la phléole perdent leur acido-résistance à l'état sec, mais non en émulsion.

Nous avons irradié ces bacilles à l'état sec et en émulsion.

A. — IRRADIATION A SEC

I. — Technique.

Nous avons employé une lampe en quartz à vapeurs de mercure fonctionnant à l'air libre sous 110 volts et 4 ampères.

Des préparations sur lames de cultures desséchées, mais non fixées, ont été exposées à une distance de 15 centimètres environ de la lampe. D'autres préparations identiques, placées à côté des précédentes et protégées contre l'action des rayons ultra-violets par un verre, mais dans les mêmes conditions de chaleur, d'aération, etc., nous ont donné la certitude que les résultats observés étaient dus à l'action des rayons ultra-violet seuls.

Nous avons alors irradié pendant des temps variant de cinq minutes à quatre heures, puis avons coloré ces cultures irradiées ainsi que les témoins, par les méthodes de Gram, Much (Gram renforcé) et Ziehl.

Le tableau I donne les résultats obtenus.

III. — Conclusions.

De ces résultats on peut tirer les conclusions suivantes :

1° L'irradiation des bacilles acido-résistants à *l'état sec* fait perdre à ces micro-organismes leur faculté de se colorer par les méthodes de Gram, de Much et de Ziehl ;

2° La résistance de leur colorabilité, par ces diverses

méthodes, à l'action des rayons émis par la lampe en quartz à vapeurs de mercure, varie suivant les espèces microbiennes :

3^e Il n'y a pas de parallélisme entre la disparition de la colorabilité par ces diverses méthodes.

La coloration par la méthode de Much (Gram renforcé) est celle, qui, pour toutes les espèces irradiées, persiste le plus longtemps.

Mais telle espèce (*Grasbacillus* II de Møeller) qui ne prend plus le Ziehl après cinq minutes d'irradiation, ne perd sa colorabilité par le Gram qu'au bout de soixante minutes. Telle autre (bacille tuberculeux bovin), qui ne prend plus le Gram au bout de vingt minutes, garde encore le Ziehl, au bout de trente.

B. — IRRADIATION EN ÉMULSION

I. — Technique.

Des ballons de quartz de 60 centimètres cubes environ contiennent des émulsions aqueuses, faiblement opalescentes, de ces diverses cultures

Ils sont placés à environ 15 centimètres d'une lampe en quartz à vapeurs de mercure, fonctionnant à l'air libre (110 volts, 4 ampères).

Des ballons de verre de même dimension, contenant les mêmes émulsions, sont irradiés en même temps et dans les mêmes conditions.

Après des temps d'irradiation de dix minutes, soixante minutes et deux heures, nous centrifugeons et colorons par les méthodes de Gram, de Much et de Ziehl. Le tableau II donne les résultats suivants :

TABLEAU II

II. — Résultats.

2° IRRADIATION DES MICROBES EN ÉMULSION

MICROBES	COLORATION PAR LE GRAM				COLORATION PAR LE MUEH				COLORATION PAR LE ZIEHL			
	Préparations non irradiées	Préparations irradiées pendant			Préparations non irradiées	Préparations irradiées pendant			Préparations non irradiées	Préparations irradiées pendant		
		10'	60'			10'	60'	2h		10'	60'	2h
Bacille tuberculeux . . .	+	+	—		+	+	—	—	+	+	—	—
Gros bacille II Moeller . .	+	—	—		+	+	—	—	+	+	—	—
Bacille du Smegma . . .	+	+	—		+	+	+	—	+	+	—	—
Milchbacillus Moeller. . .	+	+	+		+	+	+	—	+	+	—	—
B. du beurre Robanowitch .	+	±	—		+	+	+	—	+	—	—	—
Bacillus II Tobler . . .	+	±	—		+	+	+	—	+	+	—	—

+ prend la coloration ; ± coloration atténuée ; — pas de coloration.

III. — Conclusion.

L'irradiation des bacilles acido-résistants, *en émulsion*, leur fait perdre plus rapidement qu'à l'état sec leur colorabilité par le Gram; mais d'une façon générale, ils gardent le Ziehl plus longtemps.

Cependant, en prolongeant l'irradiation, on arrive à leur faire perdre leur acido-résistance.

§ 2. — COLORATION DU BACILLE TUBERCULEUX ET GRANULATIONS DE MUCH

Nous avons vu que, chez les microbes précédemment étudiés, la perte de la faculté de se colorer par les méthodes de Gram, de Much et de Ziehl, se fait sentir progressivement, et que l'on assiste à une désagrégation des corps bacillaires, qui nous a permis d'en dissocier les divers éléments au point de vue de leur colorabilité.

Les bacilles tuberculeux, traités par la méthode de Gram, apparaissent, comme on sait, avec une coloration brun noirâtre, à peu près uniforme. Mais, au bout d'un certain temps d'irradiation, des différences de coloration s'accusent dans leur masse protoplasmique.

Au bout de dix minutes, sur l'ensemble du corps microbien, prenant mal *le Gram*, à peine coloré, se détachent les granulations de Much, gardant fortement le colorant. Quelques instants après, les granulations seules restent colorées. Elles constituent la partie du corps microbien qui résiste le plus longtemps à l'action

des rayons ultra-violet. Au bout d'une demi-heure, le bacille reste décoloré dans sa totalité.

Avec la méthode de Much (Gram renforcé), on observe le même phénomène, mais se produisant beaucoup plus lentement. Il faut soixante minutes d'irradiation pour que les granulations de Much restent seules colorées, à l'exclusion du reste du bacille.

La méthode de Ziehl ne laisse observer rien de semblable. Le corps microbien entier se décolore en même temps. Il ne semble pas qu'il y ait dans la masse protoplasmique de zones électives pour le Ziehl. La substance acido-résistante paraît être répartie uniformément dans le corps du microbe.

CONCLUSIONS. — *La substance qui prend le Gram ou le Much a des tendances à se concentrer sur les granulations de Much, alors que la substance acido-résistante paraît être diffusée uniformément*¹.

§ 3. — SPÉCIFICITÉ DES GRANULATIONS DE MUCH

Parmi les bacilles acido-résistants, le bacille tuberculeux n'est pas le seul à présenter des granulations de Much.

Le Grasbacillus II et le Milchbacillus de Møller, le Bacillus II de Tobler, soumis, dans les mêmes condi-

¹ Au moment où nous obtenions ces résultats, paraissait un mémoire de Krylow qui, par une voie toute différente, en étudiant la colorabilité du bacille tuberculeux aux stades successifs de sa croissance, est arrivé aux mêmes conclusions.

KRYLOW, *Ueber die Bedeutung und das Vorkommen des Much'shen Granulac Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten*, t. LXX, p. 135, 15 novembre 1911).

tions, à l'action des rayons émis par une lampe en quartz à vapeurs de mercure, et colorés après les mêmes temps d'irradiation, par les mêmes méthodes de coloration que le bacille tuberculeux, montrent l'existence de granulations semblables à celles de Much, ayant une affinité spéciale pour le Gram.

Il existe donc des granulations de Much dans les bacilles acido-résistants précités.

CONCLUSIONS. — *Les granulations de Much ne sont pas spécifiques du bacille tuberculeux; elles peuvent exister chez d'autres bacilles acido-résistants.*

CONCLUSIONS

I. — Parmi les résultats de ces dernières années, dans le domaine des actions chimiques et biologiques de l'ultra-violet, les plus importants sont les suivants :

1° Ces rayons ont la propriété de transformer la constitution chimique de certaines substances ; on a signalé des phénomènes de décomposition, de polymérisation, de synthèse.

2° Ils ont des propriétés analogues à celles des ferments.

3° L'hémoglobine est transformée en méthémoglobine.

4° Les propriétés précipitogène et sensibilisinogène de certains sérums sont modifiées.

5° Les substances antitryptiques du sérum humain sont détruites.

6° Les diastases sont plus ou moins attaquées.

7° Sous leur action, certaines plantes périssent, d'autres dégagent de l'odeur.

8° Les solutions de chlorophylle irradiées donneraient les réactions de l'urobiline.

II. — Nos recherches personnelles nous ont donné les résultats suivants :

1° Les stérilisateurs à lampe en quartz à vapeurs de mercure *immergée* donnent *immédiatement* après l'allumage de l'eau *chirurgicalement stérile*, et cela avec un débit réglé à 420 litres à l'heure.

2° Même après *un très long usage* (cinq cent cinquante heures) les résultats sont aussi bons.

3° La lampe en quartz à vapeurs de mercure, fonctionnant à l'air libre, à *haute température*, ne stérilise que *dix minutes après* l'allumage.

4° Les rayons ultra-violets modifient la colorabilité de quelques microbes acido-résistants (B. tuberculeux, Grاسبacillus II, Milchbacillus de Møeller, B. du Smegma, B. du beurre de Rabinowitch, B. Tobler II.)

a) *Irradiés à sec*, ces microbes perdent la faculté de se colorer par les méthodes de Gram, de Much, de Ziehl.

Il n'y a pas de parallélisme entre la disparition de la colorabilité par ces diverses méthodes; la coloration par la méthode de Much est celle qui résiste le plus longtemps à l'action des rayons ultra-violets.

b) *Irradiés en émulsion*, ces microbes perdent plus rapidement qu'à l'état sec leur colorabilité par le Gram; ils gardent le Ziehl plus longtemps, mais en prolongeant l'irradiation, on arrive à leur faire perdre leur acido-résistance.

5° Pour le bacille tuberculeux, la substance, qui prend le Gram ou le Much, a des tendances à *se concentrer sur les granulations de Much*, alors que la

substance acido-résistante paraît être diffusée uniformément.

6° *Les granulations de Much ne sont pas spécifiques du bacille tuberculeux, elles peuvent exister chez d'autres acido-résistants.*

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

J. COURMONT.

Vu :

LE DOYEN,

L. HUGOUNENQ.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 22 décembre 1911.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

P. JOUBIN.

BIBLIOGRAPHIE¹

C. R. A. S. : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*

C. R. S. B. : — *de la Société de Biologie.*

Le dernier chiffre indique la page.

1. *Annales des travaux publics de Belgique*: Stérilisation de l'eau par les rayons ultra-violet (février 1911).
2. ACHARD et TEUILLÉ, Action des rayons ultra-violet sur le suc musculaire et sur la propriété de provoquer l'hémoglobinurie (*C. R. A. S.*, 8 juillet 1911, 93).
3. AGULHON (H.), a) Action des rayons ultra-violet sur les diastases (*C. R. A. S.*, 13 février 1911, 398).
4. — b) Sur le mécanisme de la destruction des diastases par la lumière (*C. R. A. S.*, 13 nov. 1911, 979).
5. BARONI (V.) et JONESCO-MICHAÏFSTI, a) Sur la destruction par les rayons ultra-violet de la propriété antisensibilisine du sérum de cheval (*C. R. A. S.*, (22 oct. 1910, 273).
6. — b) Sur l'action des rayons ultra-violet sur les propriétés sensibilisinogène et précipitogène du sérum de cheval (*C. R. S. B.*, 21 janv. 1911, 104).
7. BERTHELOT (Daniel), Les effets chimiques des rayons ultra-violet (*Rev. G. Sc. pures et appliquées*, avril 1911).
8. BERTHELOT (D.) et GAUDECHON (A.), a) Photolyse des acides à fonction complexe par les rayons ultra-violet. Action des sels d'uranium comme catalyseurs lumineux (*C. R. A. S.*, 30 janvier 1911, 262).

¹ Pour la bibliographie avant 1910, se reporter à la thèse de Fouillit.

9. BERTHELOT (D.) et GAUDECHON (A.), *b*) Action comparée des rayons ultra-violet sur les composés organiques à structure linéaire et à structure cyclique. Etude des sels minéraux en solution aqueuse (*C. R. A. S.*, 13 février 1911, 376).
10. — *c*) La nitrification par les rayons ultra-violet (*C. R. A. S.*, 27 février 1911, 522).
11. BIERRY (H.) et HENRI (V.), Action des rayons ultra-violet sur certains hydrates de carbone (*C. R. S. B.*, 14 mai 1910).
12. BIERRY (H.), HENRI (V.) et RANC (A.), *a*) Action des rayons ultra-violet sur certains hydrates de carbone (*C. R. A. S.*, 25 juil. 1910, 316).
13. — *b*) Action des rayons ultra-violet sur la glycérine (*C. R. A. S.*, 27 février 1911, 535).
14. — *c*) Technique nouvelle pour l'étude de l'action chimique et biologique des radiations de courte longueur d'onde (*C. R. S. B.*, 1^{er} avril 1911, 523).
15. — *d*) Action des rayons ultra-violet sur la saccharose (*C. R. A. S.*, 6 juin 1911, 1529).
16. — *e*) Hydrolyse du saccharose par les rayons ultra-violet (*C. R. S. B.*, 3 juin 1911, 900).
17. BIERRY (H.), LARGUIER DES BANCELS (J.), Action de la lumière émise par la lampe à mercure sur les solutions de chlorophylle (*C. R. A. S.*, juin 1911, 124).
18. BILLON-DAGUERRE, *a*) Mode de stérilisation intégrale des liquides par les radiations de très courte longueur d'onde (*C. R. A. S.*, 8 nov. 1909, 810).
19. — *b*) Stérilisation des liquides par les radiations de très courte longueur d'onde. Résultats obtenus (*C. R. A. S.*, 21 février 1910, 479).
20. BONJEAN (Ed.), *Rapport de l'enquête effectuée à Marseille sur les installations d'essais, pour l'épuration des eaux du canal* (juillet 1910).
21. BRETON (M.), Rayons ultra-violet et réaction de Wassermann (*C. R. S. B.*, 1^{er} avril 1911, 507).

22. BUISSON (H.) et FABRY (Ch.), a) La lumière ultra-violette (*Rev. G. Sc. pures et appliquées*, 30 avril 1911).
23. — b) Sur la mesure des intensités des diverses radiations d'un rayonnement complexe (*C. R. A. S.*, 26 juin 1911, 1838).
24. — c) Sur le rayonnement des lampes à vapeurs de mercure (*C. R. A. S.*, 10 juillet 1911, 93).
- 24 bis. CERNOVODEANU (M^{lle}) et HENRI (V.), Action des rayons ultra-violet sur les micro-organismes et différentes cellules. Etude micro-chimiques (*C. R. A. S.*, 24 mars 1910, 729).
- 24 ter. — Action des rayons ultra-violet sur les micro-organismes (*Journal de Physiologie et Pathologie générale*, 1911, t. XIII, p. 865).
25. CHAUCHARD (A.) et MAZOUÉ (B.), Action des rayons ultra-violet sur l'amylase, l'invertine et le mélange de ces deux diastases (*C. R. A. S.*, 12 juin 1911, 1709).
26. COURMONT (J.), a) Les rayons ultra-violet. Stérilisation de l'eau potable par la lampe en quartz à vapeurs de mercure (*Revue scientifique*, 27 sept. 1910).
27. — b) La stérilisation de l'eau potable par les rayons ultra-violet (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 30 avril 1911).
28. COURMONT (J.) et NOGIER (Th.), a) Sur la stérilisation de l'eau potable au moyen de la lampe en quartz à vapeurs de mercure (*C. R. A. S.*, 22 février 1909, 523).
29. — b) Action de la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur la toxine tétanique (*C. R. A. S.*, 8 mars 1909, 655).
30. — c) Sur la faible pénétration des rayons ultra-violet à travers les liquides contenant des substances colloïdes (*C. R. A. S.*, 2 août 1909, 364).
31. — d) Diminution progressive du rendement en ultra-violet des lampes en quartz à vapeurs de mercure fonctionnant à haute température (*C. R. A. S.*, 19 juin 1911, 746).

32. COURMONT (J.) et NOGIER (Th.), *e*) Les rayons ultra-violet ; leur application à l'hygiène, à l'industrie ; notamment à la stérilisation de l'eau potable (*le Monde Médical*, 15 déc. 1909).
33. — *f*) Appareil pour la stérilisation des eaux destinées à l'alimentation (*Hygiène gén. et appl.*, 15 janv. 1910).
34. COURMONT (J.), NOGIER (Th.) et ROCHAIX (A.), *a*) Effets au point de vue chimique (ozone, etc.) de l'immersion dans l'eau de la lampe en quartz à vapeurs de mercure (*C. R. A. S.*, 12 juil. 1909, 160).
35. — *b*) L'eau stérilisée par les rayons ultra-violet contient-elle de l'eau oxygénée ? Pouvoir stérilisant de l'eau oxygénée (*C. R. A. S.*, 30 mai 1910, 1453).
36. — *c*) Nouvelle méthode pour l'étude de la transparence ultra-violette (*Arch. El. Méd.*, 10 août 1910).
37. DIANELOPOLU (D.), Action des rayons ultra-violet sur la toxicité des strophantines (*C. R. S. B.*, 22 juin 1911, 200).
38. DORNIC et DAIRE. Contribution à l'étude de la stérilisation par les rayons ultra-violet (*C. R. A. S.*, 2 août 1909, 354).
39. *Eau pure*, *a*) Juin 1911.
40. — *b*) 2 septembre 1911.
41. FABRY (Ch.) et BRISSON (H.), Sur le rayonnement des lampes à vapeurs de mercure (*C. R. A. S.*, 10 juil. 1911, 93).
42. FOUILLY (A.), *L'ultra-violet* (thèse de la Faculté de Médecine de Lyon).
43. GAUTIER (Cl.) et NOGIER (Th.), *a*) Action des rayons ultra-violet sur le chromogène d'origine skatolique et la couleur qui en dérive (*C. R. S. B.*, 28 mars 1910, 919).
44. — *b*) Action des rayons ultra-violet sur les produits colorés que donnent avec le réactif iodo-ioduré l'amidon et le glycose (*C. R. S. B.*, 16 juil. 1910, 156).

45. GUNTZ (A.), Sur la stérilisation des eaux (*Edilité technique, Congrès 1910*).
46. GUNTZ (A.) et MINGUIN (J.), Contribution à l'étude des radiations ultra-violettes (*C. R. A. S.*, 13 fév. 1911, 372).
47. HENRI (Victor), a) Technique de l'infection artificielle de l'eau pour l'étude de l'action stérilisante des rayons ultra-violets (*C. R. S. B.*, 7 janv. 1911).
48. — b) Etude du rayonnement ultra-violet des lampes à vapeurs de mercure en quartz (*C. R. A. S.*, 24 juil. 1911, 265).
49. — c) Influence des diverses conditions physiques sur le rayonnement ultra-violet des lampes à vapeurs de mercure en quartz (*C. R. A. S.*, 14 août 1911, 427).
50. HENRI-CERNODEANU (M^{me}), HENRI (V.), BARONI (V.), Action des rayons ultra-violets sur les bacilles tuberculeux et les tuberculines (*C. R. A. S.*, 24 oct. 1910).
51. HENRI (V.), HELBRONNER (A.), MAX DE RECKLINGHAUSEN, a) Stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultra-violets (*C. R. A. S.*, 11 avril 1910, 932).
52. — b) Nouvelles recherches sur la stérilisation de grandes quantités d'eau par les rayons ultra-violets (*C. R. A. S.*, 17 octobre 1910, 677).
53. HENRI (V.) et STODEL (G.), Stérilisation du lait par les rayons ultra-violets (*C. R. A. S.*, 1^{er} mars 1909, 583).
54. JOUSSET (A.), De l'action des rayons ultra-violets sur la tuberculine et les sérums antituberculeux (*C. R. S. B.*, 26 novembre 1910, 459).
55. KENBAUM (Mirosław), Décomposition de l'eau par les rayons ultra-violets (*C. R. A. S.*, 26 juillet 1909, 273).
56. LANDAU (Marc), Action des rayons ultra-violets sur l'acide lactique (*C. R. A. S.*, 15 mai 1911, 1308).

57. LE BON (G.), Sur les variations de transparence du quartz pour la lumière ultra-violette et sur la dissociation de la matière (*C. R. A. S.*, 1^{er} juillet 1911, 49).
58. LOMBARD, Sur les effets chimiques et biologiques des rayons ultra-violets (*C. R. A. S.*, 24 janvier 1910, 227).
- 58 bis. MAQUENNE et DEMOUSSY, Influence des rayons ultra-violets sur la végétation des plantes vertes (*C. R. A. S.*, 8 novembre 1909, 756).
59. MASSOL (L.), a) Saccharification de l'inuline par les radiations ultra-violettes (*C. R. S. B.*, 1^{er} avril 1911, 509).
60. — b) Action des radiations de la lampe en quartz à vapeurs de mercure sur le venin de cobra et sur son antitoxine (*C. R. S. B.*, 22 juillet 1911, 183).
61. — c) Action des radiations ultra-violettes sur l'amidon (*C. R. A. S.*, 27 mars 1911, 902).
62. MAURAIN et MARCOLLIER a) Action des rayons ultra-violets sur le cidre en fermentation (*C. R. A. S.*, 12 juillet 1909, 155).
63. — b) Action des rayons ultra-violets sur le vin en fermentation (*C. R. A. S.*, 7 février 1910, 343).
64. MIQUEL, Les expériences du Dr Miquel sur la stérilisation de l'eau par l'appareil Th. Nogier, à radiations ultra-violettes (*le Monde Médical*, 5 mars 1910, 173).
65. NOGIER (Th.), a) Action bactéricide des lampes en quartz à vapeurs de mercure. Leur application à la stérilisation des eaux potables (*Arch. El. Méd.*, 10 février 1910).
66. — b) La production artificielle des rayons actiniques et leur emploi en thérapeutique (*Arch. El. Méd.*, 10 mars 1910).
67. — c) Les rayons ultra-violets et leur application industrielle à la stérilisation des eaux potables (*Technique moderne*, 6 juin 1910).
68. — d) Action biologique de la lampe en quartz de Kromayer (*Arch. El. Méd.*, 10 juin 1910).

69. NOGIER (Th.), *e*) Mesures spectrographiques de la transparence ultra-violette de diverses substances (*Arch. El. Méd.*, 10 août 1910).
71. POGNET, *a*) Action des rayons ultra-violets sur les plantes à coumarine et quelques plantes dont l'odeur provient de glucosides dédoublés (*C. R. A. S.*, 19 septembre 1910, 567).
72. — *b*) Action des rayons ultra-violets sur les gousses vertes de vanille (*C. R. A. S.*, 19 septembre 1910, 1184).
73. RAYBAUD (L.), Influence des radiations ultra-violettes sur le caoutchouc (*C. R. S. B.*, 22 juin 1911, 216).
74. RECKLINGHAUSEN (Max von), Stérilisation industrielle de l'eau par les rayons ultra-violets (*Eau et Hygiène*, octobre 1910).
75. RENAUD (M.), *Immunsation préventive et thérapeutique par de nouveaux vaccins obtenus grâce aux rayons ultra-violets* (11 janvier 1911).
76. *Revue Industrielle*, Les progrès de la stérilisation par les rayons ultra-violets (26 février 1911).
77. *Revue Scientifique*, *a*) L'ionisation et la luminescence de l'aurole de la lampe en quartz à vapeurs de mercure (janvier 1911).
78. — *b*) Action des rayons ultra-violets sur les vins en fermentation (janvier 1911).
79. RÖMER et SAMES, Notizen zur Frage der Milchsterilisierung durch ultraviolette Licht (*Hygienische Rundsch.*, 15 aug. 1910, 873).
80. SALACOLU (Th.), Note préliminaire sur l'action des rayons ultra-violets sur la saponine (*C. R. S. B.*, 22 juin 1911, 205).
81. SEVARNS, Stérilisation des eaux potables par les rayons ultra-violets (*Paris Médical*, 22 avril 1911).
82. STASSANO (H.) et LEMATTE (L.), De la possibilité de conserver intactes les agglutinines dans les bactéries qu'on tue par les rayons ultra-violets. Avantages

de ce moyen de stérilisation pour préparer les émulsions bactériennes destinées au séro-diagnostic (*C. R. A. S.*, 6 mars 1911, 623).

83. a) SCHWARTZ (L.) et AUMANN, Ueber Trinckwasserbehandlung mit ultravioletten Strahlen (*Aus dem Staatlichen Hygienischen Institut zu Hamburg*).
84. — b) Weiten Mitteilung über die Behandlung von Trinkwasser mit ultravioletten Strahlen (*id.*).
85. TALARICO (J.), De l'influence des rayons ultra-violets sur la digestibilité tryptique du lait (*C. R. S. B.*, 5 novembre 1910, 325).
86. TASSILY (E.), CAMBIER (R.), Action abiotique des rayons ultra-violets d'origine chimique (*C. R. A. S.*, 25 juillet 1910, 342).
87. TIAN (A.), a) Sur la décomposition de l'eau par la lumière ultra-violette (*C. R. A. S.*, 10 avril 1911, 1012).
88. — b) Sur les radiations qui décomposent l'eau et sur le spectre ultra-violet extrême de l'arc au mercure (*C. R. A. S.*, 29 mai 1911, 1483).
89. *Union des Services municipaux techniques* : Le concours d'essai d'épuration de l'eau du canal alimentant la ville de Marseille (avril, mai, juin 1911).
90. URBAIN (Ed.), SCAL (Cl.), FEIGE (A.), a) Sur la stérilisation de l'eau par l'ultra-violet (*C. R. A. S.*, 28 février 1910, 548).
91. — b) Stérilisation de grandes masses d'eau par l'ultra-violet (*C. R. A. S.*, 31 octobre 1910, 771).
92. — c) Sur un nouveau type de lampe à arc à cathode de mercure et à lumière blanche (*C. R. A. S.*, 30 janvier 1911, 255).
93. WEINBERG et RUBENSTEIN, Destruction des substances anti-tryptiques du sérum humain par les rayons ultra-violets (*C. R. S. B.*, 29 juillet 1911, 258).
-

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	9
INTRODUCTION	11
PREMIÈRE PARTIE. ¹ — DERNIÈRES RECHERCHES SUR L'ACTION DES RAYONS ULTRA-VIOLETS ET LEUR UTILISATION A LA STÉRILISATION DES EAUX POTABLES	13
CHAPITRE PREMIER. — <i>Actions des rayons ultra-violet</i> s sur <i>les corps chimiques</i>	14
§ 1. Actions sur les corps de la chimie minérale	16
1 ^{re} Action sur l'eau	16
2 ^{de} Action sur les composés de l'azote	18
3 ^{de} Action sur les solutions aqueuses des sels minéraux	20
4 ^{de} Action sur le phosphore et le soufre.	21
§ 2. Actions sur les composés de la chimie organique.	22
1 ^{re} Action de polymérisation	22
2 ^{de} Action sur les acides basiques	23
3 ^{de} Action sur les acides acétoniques	24
4 ^{de} Action sur les acides alcools.	24
5 ^{de} Action sur la glycérine	26
6 ^{de} Action sur les hydrates de carbone	27
§ 3. Actions sur les composés de la chimie biologique.	31
CHAPITRE II. — <i>Actions biologiques des rayons ultra-violet</i> s	40
§ 1. Actions sur les plantes	40

1 ^o Plantes à coumarine.	40
2 ^o Plantes à glucosides dédoublables.	41
3 ^o Gousses vertes de vanille	41
4 ^o Sur la chlorophylle.	42
§ 2. Action sur les microbes	43
§ 3. Action sur quelques autres substances	45
1 ^o Sur la tuberculine.	45
2 ^o Sur le venin de cobra et sur son antitoxine.	45
CHAPITRE III. — <i>Applications des rayons ultra-violets à l'hygiène alimentaire et en particulier à la stérilisation des eaux potables</i>	47
§ 1. Les appareils.	48
§ 2. La lampe en quartz à vapeurs de mercure doit-elle être immergée ou non ?	57
1 ^{er} Appareil Nogier	62
2 ^o Appareil Westinghouse	63
§ 3. Applications de la stérilisation par l'ultra-violet à l'hygiène alimentaire	65
1 ^o Le lait.	66
2 ^o Le vin en fermentation	66
3 ^o L'eau	67
DEUXIÈME PARTIE. — EXPÉRIENCES.	71
CHAPITRE PREMIER. — <i>Résultats obtenus avec les appareils Nogier et Westinghouse servant à la stérilisation des eaux</i>	72
§ 1. Résultats obtenus avec l'appareil du Dr Th. Nogier (type T.)	72
§ 2. Résultats obtenus avec l'appareil de la « Westinghouse Cooper Hewitt Company ».	74
CHAPITRE II	77
§ 1. Action des rayons émis par la lampe en quartz à	

vapeurs de mercure sur la colorabilité des bacilles acido-résistants	77
A. Irradiation à sec	78
B. Irradiation en émulsion	80
§ 2. Coloration du bacille tuberculeux et granulations de Much	82
§ 3. Spécificité des granulations de Much	83
CONCLUSIONS	85
BIBLIOGRAPHIE	89

